

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

BILLARDOR: ELECTRÓNICA PARA LA INTEGRACIÓN DE UN ROBOT



MEMORIA

Autor: Marc Esplugas Martínez
Director: Miguel Brigos Hermida
Convocatoria: Septiembre 2019

Resum

Aquest treball forma part d'un projecte matriu anomenat Billardor, un projecte ambiciós amb l'objectiu de crear un prototip de robot que permeti jugar al billar d'una manera autònoma contra qualsevol oponent.

El punt de partida del projecte es la realització del disseny d'un sistema electrònic que compona dues parts; una la base, per permet el desplaçament del prototip, i l'altra el cos, on anirà ubicada la part més important del circuit, la unitat que controlarà cadascun dels components.

Al sistema dissenyat s'integraran els components electrònics referents al braç i al percutor, que permetran realitzar el dispar del robot.

Les funcions principals que ha de realitzar aquest conjunt és la de desplaçar-se per la zona de joc; l'apropament i separació a la taula de billar per realitzar la jugada o permetre el joc del contrincant, el visionat i control de la posició de les boles, la presa de decisió de triar el lloc i la millor posició per realitzar l'execució de la jugada.

La integració dels components que conformen el braç i el percutor, pertanyen a projectes parcials precedents, els quals formen part del projecte matriu; Billardor.

Resumen

Este trabajo forma parte de un proyecto matriz llamado Billador, un proyecto ambicioso cuyo objetivo es crear un prototipo de robot que permita jugar al billar de manera autónoma contra cualquier oponente.

El punto de partida del proyecto es la realización del diseño de un sistema electrónico que compone dos partes; una la base que permite el desplazamiento del prototipo, y la otra el cuerpo, donde irá ubicado la parte más importante del circuito, la unidad que controlará cada uno de los componentes.

Al sistema diseñado se integrarán los componentes electrónicos referentes al brazo y al percutor, que permitirán realizar el disparo del robot.

Las funciones principales que debe de realizar dicho conjunto es la de desplazarse por la zona de juego; el acercamiento y la separación a la mesa de billar para realizar la jugada o permitir el juego del contrincante, el visionado y control de la posición de las bolas, la toma de decisión de elegir el mejor lugar y la mejor posición para realizar la ejecución de la jugada.

La integración de los componentes que conforman el brazo y el percutor, pertenecen a proyectos parciales precedentes, los cuales también forman parte del proyecto matriz; Billador.

Abstract

This work is a part of a parent project called Billardor, an ambitious project with the aim of creating a robot prototype that allows to play pool autonomously against any opponent.

The starting point of the project is the realization of the design of an electronic system that consists of two parts; one the base, to allow the displacement of the prototype, and the other the body, where the most important part of the circuit will be located, the unit that will control each of the components.

The electronic components that refer to the arm and the striker will be integrated into the designed system, which will allow the robot to shoot. The main functions that this set must perform is to move around the play area; the closeness and separation to the pool table to make the move or allow the opponent's game, viewing and controlling the position of the balls, deciding to choose the best place and the best position to perform the execution of the play.

The integration of the components that make up the arm and the striker belong to a previous partial projects, which are part of the parent project; Billardor.

Glosario

Nomenclatura	Descripción
A(nº)	Entrada/Salida analógica del Arduino
COM	Común del relé
NC	Normalmente Cerrado (Relé)
NO	Normalmente Abierto (Relé)
T	Pin de transferencia de datos (Trigger)
VCC	Tensión de alimentación positiva
GND	<i>"Ground" (Masa)</i>
D(nº)	Entrada/Salida Digital (Arduino)
TX1	Pin de transmisión de datos
RX1	Pin de recepción de datos
5V	Pin de 5V del Arduino
DI	<i>"Drive input"</i> (Entrada de datos, si actúa de emisor, MAX485)
DE	<i>"Driver Enable"</i> (el módulo hace de emisor)
RE	<i>"Receiver Enable"</i> (el módulo hace de receptor)
RO	<i>"Receiver Output"</i> (Salida de datos, si actúa de receptor, MAX485)
POWER	Alimentación
GPIO	<i>"General Purpose Input/Output"</i> Pines de uso general para entradas/salidas
HDMI	Entrada del interface multimedia de alta definición
CSI	Conector para la cámara
RS485B +	Hilo del bus RS485B +
RS485A -	Hilo del bus RS485A -
P1	Pin 1 del conector del PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector del COM2 (RS485B +)
C4	Pin 4 del conector COM2 (RS485A -)
C5	Pin 5 del conector del COM2 (GND)
PWR	<i>"Power"</i> (alimentación MAC00-B4)
COM2	Conector 2 de Comunicación del MAC00-B4

Nomenclatura	Descripción
V_{AS}	Tensión pin analógico A5
R_1	Resistencia 1 del divisor de tensión
R_2	Resistencia 2 del divisor de tensión
P	Potencia (Vatios)
V	Voltaje (Voltios)
I	Intensidad (Amperios)
Ah	Amperios hora
Wh	Vatios hora
Ω	Ohmios
DPST	Double Pole Single Throw (Doble polo de corte simple)
mA	Mili-Amperios
μF	Micro-Faradio
m^3/h	Metro cúbico por hora
dBA	Decibelio ponderado en A (valor de filtro que diferencia únicamente las frecuencias más dañinas para nuestros oídos).
m	Metro
s	Segundos
h	Hora
Km	Kilometros
F	Fuerza
a	Aceleración
v	Velocidad
t	Tiempo
N	Newton
τ	Par motor (Nm)
Nm	Newton metro
r	Radio
Kg	Kilogramos



ÍNDICE

RESUM	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
GLOSARIO	6
ÍNDICE	9
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivos del trabajo.....	15
2. PROPUESTAS	17
2.1. Propuestas descartadas:.....	17
2.1.1. Control del prototipo	17
2.1.2. Sistema de propulsión	17
2.1.3. Tensión de alimentación y gestión de las baterías.....	18
2.1.4. Control de los motores	18
2.1.5. Sistema de visión.....	19
2.2. Propuestas aceptadas	19
2.2.1. Control del prototipo	19
2.2.2. Control de los motores	20
2.2.3. Base de carga.....	20
2.2.4. Tensión de alimentación y gestión de las baterías.....	21
2.2.5. Sistema de ventilación	21
2.2.6. Sistema de visión.....	21
3. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	23
4. COMPONENTES SELECCIONADOS:	30
4.1. Componentes electrónicos.....	30
4.1.1. Ordenador del prototipo	30
4.1.2. Sensores.....	34
4.1.3. Convertidor reductor (regulador de tensión) 24-12V.....	37
4.1.4. Interruptor general	38
4.1.5. Pantalla táctil 5"	39

4.1.6.	Sistema de ventilación	40
4.1.7.	Batería.....	42
4.1.8.	Cargador de batería	44
4.1.9.	Indicador de batería.....	45
4.1.10.	Divisor de tensión para medición de baterías	45
4.1.11.	Controlador del motor	47
4.1.12.	MAX485 (Circuito integrado).....	49
4.1.13.	Motor Nema 24.....	51
4.1.14.	Relé	52
4.1.15.	Placas de circuito impreso (PCB)	54
4.1.16.	Conjunto cámaras de visión	56
4.1.17.	Integración brazo (componentes).....	57
4.1.18.	Integración motor percutor.....	58
4.1.19.	Sistema de protección	58
4.1.20.	Cableado eléctrico	59
4.1.21.	Resistencias	63
4.1.22.	Conector Jack	64
5.	CONEXIONADO Y CABLES EMPLEADOS:	65
6.	CÁLCULOS:	86
6.1.	Cálculo estimado del par motor para la locomoción:	86
6.2.	Divisor de tensión para control de estado de la batería:	87
6.3.	Cálculo de duración de la batería	89
PLANOS:	95
	Esquema del sistema de alimentación batería	95
	Esquema sistema de procesador.....	95
	Esquema sistema de controlador	95
	Esquema de la base (Bus RS485 (1))	95
	Esquema del brazo y percutor (Bus RS485 (2))	95
PRESUPUESTO	101
	Componentes de base y cuerpo.....	101
	Cableado	103
	Honorarios de Ingeniería	104
	Presupuesto total	105

CONCLUSIONES:	106
BIBLIOGRAFÍA:	107
Webs y programas informáticos.	107
Referencias.	110
ANEXO A	111
Fichas técnicas.....	111

1. Introducció

Como punto de partida para la realización del trabajo planteado en este proyecto es importante comprender el conjunto de las partes que componen el prototipo diseñado, que es un robot para el juego de billar.

Las partes integrantes de dicho robot son:

A). Conjunto de base y cuerpo. Aunque la parte del diseño mecánico del prototipo no corresponde con los objetivos de este trabajo, entendemos que la base y el cuerpo pueden ser un único elemento compuesta por dos zonas diferenciadas;

a1) Zona inferior o base, que sirva de soporte de sustentación del robot, en la que se dispone del sistema de locomoción o desplazamiento, además del equipamiento de baterías que darán la energía suficiente para el correcto funcionamiento de todos los componentes del mismo, además de servir de contrapeso para los movimientos propios del robot.

a2) Zona superior o cuerpo, que será la zona del robot donde se encuentran la gran parte de los componentes electrónicos, la unidad central de control, la zona de visión e interacción con el usuario; además permite la sujeción o apoyo del brazo y sus accesorios.

B). Brazo. Elemento articulado que permite el movimiento y posicionado por encima de la mesa de billar del percutor.

C). Percutor o disparador de bolas. Parte integrada en el brazo que permite el golpeo de las bolas, o sea; el encargado de ejecutar la jugada.

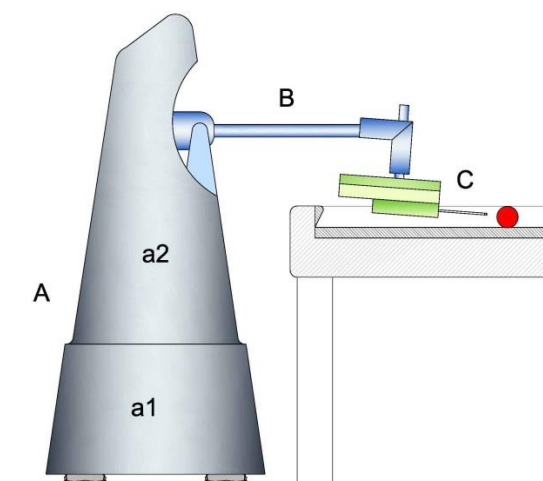


Figura 1.1. Ejemplo de conjunto del prototipo

Este trabajo se encargará de realizar el sistema electrónico de esta unidad formada de cuerpo y base del prototipo, teniendo en cuenta el conjunto del mismo, y para ello se han integrado otros proyectos parciales para disponer del diseño completo, utilizando el proyecto del brazo y percutor cuyo autor es Gerard Aceña Pineda, y título *“Billardor, Diseño de un prototipo de brazo robotizado para disparador mecánico”* que incorpora el proyecto de disparador (percutor), cuyo autor: Alex Pagán Montero, y título *“Billardor, Disseny d’un disparador de boles de billar mitjançant resort”*, así como, también se ha tenido en cuenta el proyecto realizado por Adrián García Moreno y Alberto Lorenzo Polo con el título de *“Billardor, diseño de una base de locomoción”*, todos bajo la tutoría de Miguel Angel Brigos Hermida, y que han servido para aportar un concepto general de lo que podría ser la base y el tipo de componentes empleados.

El tutor ha facilitado y autorizado el acceso a dicha documentación e información, permitiendo integrarla al diseño.

El proyecto *“Billardor, Diseño de un prototipo de brazo robotizado para disparador mecánico”* (mencionada la autoría anteriormente), realiza el diseño del mecanismo del brazo capaz de desarrollar los movimientos lo más parecido a los humanos, dispone de un con un contrapeso en la parte posterior y en el extremo contrario, la sujeción del disparador de boles de billar mediante resorte, incorporado de otro proyecto *de* según se ha indicado anteriormente. Electrónicamente funciona mediante servomotor, freno y reductor, según indica su autor, que se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto, así como los del disparador de bolas.

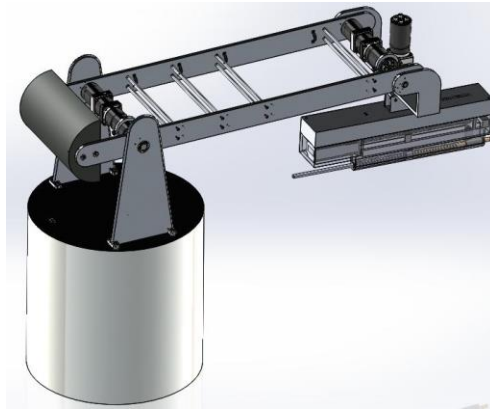


Figura 1.2. Diseño del brazo con el percutor

El proyecto *“Billardor, Disseny d’un disparador de boles de billar mitjançant resort”* (mencionada la autoría anteriormente), realiza el diseño del mecanismo del disparador o percutor capaz de golpear las bolas de billar que dispone de un motor que permite la ejecución con lo que se ha tenido en cuenta en el conexionado general del sistema electrónico de nuestro trabajo.

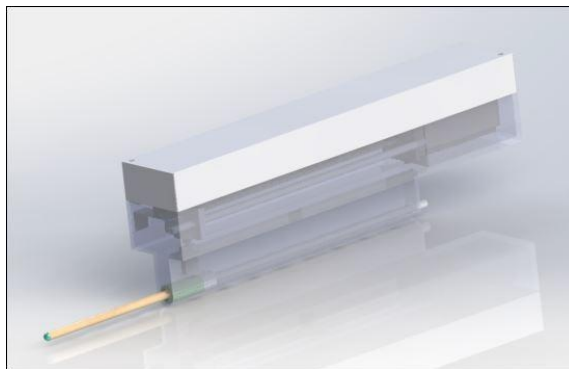


Figura 1.3. Diseño del percutor o disparador

El proyecto de *“Billardor, disseny de una base de locomoció”* (mencionada la autoría anteriormente), ha servido de información y observación del desarrollo mecánico para inspiración y orientación del sistema electrónico diseñado.

En dicho proyecto se observa el sistema de locomoción y desplazamiento de la base del robot mediante determinado tipo de ruedas, siendo el conjunto un elemento cilíndrico provisto de cámaras en su alrededor, y en su interior dispone de todos los componentes electrónicos y mecánicos que permiten sus movimientos, además de dotado de un sistema de alimentación.

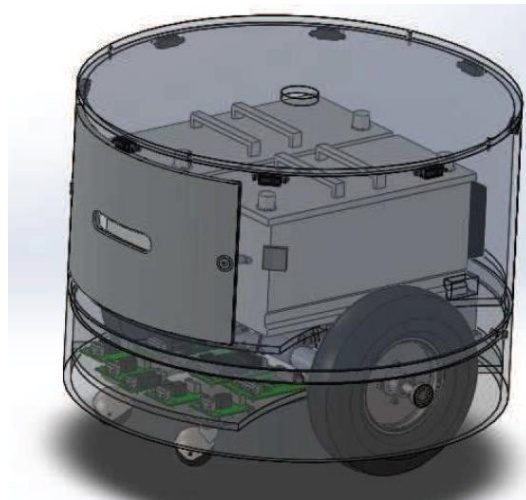


Figura 1.4. **Diseño de la base de locomoción**

Hay que tener en cuenta que este trabajo trata de la integración del sistema electrónico en el proyecto Billardor, así como, la de los distintos proyectos parciales en el que se realizan planteamientos estrictamente electrónicos en la que la comprobación de los componentes que se exponen, sean compatibles con el conjunto del sistema electrónico desarrollado en este proyecto, no entrando a valorar el sistema mecánico ni el diseño conceptual del mismo.

1.1. **Objetivos del trabajo**

El objeto de este proyecto es realizar un sistema electrónico que permita el control del robot para desempeñar las acciones y movimientos del juego seleccionado.

Para el desarrollo del diseño del prototipo se han considerado un conjunto de objetivos que ayudarán a mejorar el planteamiento, la estructura y las características del prototipo definitivo. También comprender y solucionar las dificultades que pueden aparecer durante el mismo.

Los objetivos planteados son:

- Integrar los proyectos parciales precedentes para la gestión general del sistema electrónico.
- Aproximarse de forma precisa a la mesa de billar, y poder situarse en cualquier punto, para ello debe dotarse con un sistema de visión por medio de sensores.
- Su diseño debe ser el óptimo con tal de poder jugar en cualquier tipo de local de ocio, como bares, salas recreativas, o salas deportivas, en los cuales su instalación sea lo más simplificada posible.

- El prototipo debe disponer de un sistema de alimentación que permita suministrar energía a todo el robot, sin necesidad de recarga durante un largo periodo de tiempo.
- Estudio de un sistema de carga de las baterías.
- El sistema de tracción debe ser el oportuno para poderse mover en cualquier superficie.
- Facilitar la gobernabilidad del sistema por medio de un sistema de control centralizado.
- Desarrollar un proyecto que permita ser totalmente funcional, y que no requiera la realización de grandes cambios en el prototipo, con el objetivo de facilitar su montaje y puesta en marcha.
- Facilitar un sistema electrónico capaz de integrarse en cualquier prototipo que forme parte del proyecto Billardor.
- Minimizar el peso del equipo.
- Dotación de visión mediante el uso de cámaras con gestión de imagen.

2. Propuestas

2.1. Propuestas descartadas:

En este apartado se expondrán las ideas que se han ido descartando a lo largo del proyecto; bien sea, porque no encajaban con las características requeridas por el prototipo deseado o bien se desviaban de los objetivos propuestos.

2.1.1. Control del prototipo

Se han barajado varias ideas para el diseño del sistema de control del prototipo, una de ellas era la de colocar placas ATX. Las placas ATX son un factor de forma creado para microordenadores. El factor de forma son unos estándares que definen algunas de las características físicas de las placas base para ordenadores. Estas placas tienen capacidad para incorporar distintos dispositivos como periféricos, memoria, procesadores, entre otros. Es bastante potente pero a la vez consume bastante energía.

Lo que la diferencia del Arduino o Raspberry es el hecho, de que estos dos, son dispositivos pequeños, y pese a que son de baja potencia, encajan muy bien para este proyecto, ya que son muy compactos, consumen poca energía y pesan poco. Otro factor importante es el hecho de que el Arduino es una plataforma de creación de prototipos que sirve para probar diseños hardware (entre otros aspectos) a diferencia de las placas ATX.

2.1.2. Sistema de propulsión

Se planteó la idea de aplicar frenos al sistema de motores, pero rápidamente fue descartada, ya que el módulo controlador seleccionado tiene la capacidad de controlar la velocidad y el par motor.

2.1.3. Tensión de alimentación y gestión de las baterías

Inicialmente la mayoría de dispositivos trabajan a tensiones bajas, que requieren máximo 5V para alimentarse, se planteó la idea de utilizar únicamente una batería de 12V y con ella alimentar el Arduino, que posteriormente alimentaría a los dispositivos a través del pin de alimentación de 5V.

La idea fue desestimada porque al seleccionar el tipo de controladores TMCM-1161 y el conjunto de motores, estos trabajan con una tensión nominal de 24V, con lo cual con una batería de 12V no nos servía.

Otra idea era aplicar un convertidor de tensión para que manteniendo la batería de 12V aumentará la tensión hasta 24V para poder así alimentar los controladores, y con ellos los motores. El problema era que no nos convencía porque de esta manera con el convertidor de aumento de tensión que debía de alimentar a los motores, tampoco trabajaba de manera tan eficiente como los convertidores reductores. Los convertidores reductores ofrecen una mayor inmunidad a la sobretensión de entrada.

Para el tipo de baterías, el fabricante nos propuso un par, las de Plomo - AGM o las de Plomo – GEL, el problema que se planteaba era la cantidad de ciclos de vida para la duración de las baterías.

Las baterías de Plomo – AGM tienen un ciclo de vida de 400 ciclos de carga y descarga al 60% de profundidad de descarga, mientras que las baterías de Plomo – GEL pueden aguantar hasta 1200 ciclos de carga y descarga al 60% de profundidad de descarga. Por lo tanto para este proyecto es mejor que la vida útil de las baterías se alargue, se descartó la idea de emplear las baterías de Plomo – AGM, porque su vida útil era inferior.

2.1.4. Control de los motores

Para el sistema de control de los motores de la base se barajaron dos tipos de controladores, ambos encajaban con motores paso a paso bipolares, uno era el TMCM-1161 y el otro el TMC5130A-TA.

Se descartó el TMC5130A-TA debido a que no encajaba, ni con las características de este proyecto ni con uno de los objetivos que se propusieron para el mismo, que era el de reducir peso y simplificar el espacio. Mientras que el controlador TMCM-1161 es más compacto ya que queda encajado justo detrás del motor y permite a través de la interfaz RS485 la conexión con distintos dispositivos a la vez, hecho que el TMC5130A-TA no dispone.

2.1.5. Sistema de visión

Inicialmente se había planteado la idea de colocar sensores en el perímetro del robot, pero si se deseara colocar un conjunto de ruedas omnidireccionales, la idea de colocar tantos sensores se desestima ya que no requiere que el robot haga ningún giro sino que con la coordinación del movimiento de las ruedas, hace que el robot se desplace sin necesidad de rotar el cuerpo.

Otra idea propuesta para precisar la distancia respecto a la mesa era la de emplear sensores inductivos ya que el rango de detección es bastante bajo, es decir que requiere de que el objeto este muy cerca. Pero, se ha desestimado la idea debido a que los sensores inductivos trabajan con un campo magnético el cual sirve para detectar los objetos, el inconveniente es que la mesa en la cual se jugará es de madera y por lo tanto no hay ningún componente metálico que pueda ser detectado por el campo magnético.

2.2. Propuestas aceptadas

Para el desarrollo del diseño del prototipo se han planteado un conjunto de objetivos y sus posteriores soluciones que ayudarán a mejorar el planteamiento, la estructura y las características del prototipo definitivo. También para poder comprender las dificultades que pueden aparecer durante el mismo y posteriormente intentar solucionarlas.

2.2.1. Control del prototipo

Para el manejo y control del prototipo se ha decidido que se centralice todo con el uso de un microcontrolador y un microprocesador, cuando hablamos de microcontrolador el que se ha seleccionado para este proyecto es al Arduino y el microprocesador seleccionado es la Raspberry Pi. El trabajo de cada uno de estos elementos se basa en el desempeño principal que estos desarrollan en el robot, aparte de que minimizan el peso ya que su tamaño es reducido.

En el caso de la Raspberry Pi la elegida es la Raspberry Pi 3 modelo B+, por sus características como la capacidad de memoria, la incorporación de Wi-Fi a doble banda, el Bluetooth 4.2, la conexión Ethernet, los puertos USB 2.0 para una mayor velocidad de transferencia de datos, la posibilidad de incorporar una tarjeta Micro-SD, incluso los puertos para cámara y vídeo. La Raspberry actuará como un ordenador en el que conectaremos con el Arduino.

Si nos fijamos en el Arduino, concretamente en Arduino MEGA 2560 Rev 3, ha sido seleccionado por su cantidad de pines de entrada/salida digitales y sus entradas analógicas, lo cual permite ampliaciones futuras, quedando el prototipo preparado en caso de necesidad para incorporar más componentes, como sensores, actuadores, independientemente del conjunto de dispositivos incorporados en el proyecto. Tiene también una memoria destinada a la programación elevada. Para la comunicación con el microprocesador cuenta con un convertidor interno USB de tal manera que no requiere de ningún dispositivo externo para programarlo.

2.2.2. Control de los motores

El tipo de controlador seleccionado (TMCM-1161), es el que mejor se adapta al proyecto, gracias a su versatilidad y alta eficiencia energética. Es compatible con un motor bipolar, en este caso un motor Nema 24 y tiene la capacidad de controlar la velocidad de dicho motor, por tanto, no requiere de ningún freno o reductor, es un controlador muy completo y de última generación.

El controlador es capaz de transferir los parámetros de posición, velocidad, aceleración a medida que el robot va avanzando. Dispone de dos tipos de interfaz (RS485, RS232) para poder comunicarse con Arduino, en este caso. Posee un par motor de entre 0.55Nm hasta 3,1Nm, valor más que de sobra para el par estimado del prototipo.

Se han empleado motores Nema 24, motores paso a paso, bipolares, ya que se requiere de un motor que, a la hora de acercarse a la mesa lo haga de forma precisa, y que realice los giros por pasos, para optimizar la aproximación a la misma.

2.2.3. Base de carga

Para el sistema de carga finalmente se ha optado por un cargador portátil el cual debería ir dentro del prototipo en caso de que tuviese el recubrimiento mecánico. El robot está diseñado para que; una vez detecte la disminución de carga de la batería, vuelva al punto de inicio, donde se detendrá y esperará a que se conecte a la red eléctrica para recargar de nuevo la batería.

Este cargador se ha seleccionado por sus prestaciones ya que posee un microordenador integrado que le permite una mayor velocidad de carga, es capaz incluso de reparar las baterías dañadas, y garantizar una carga eficiente.

2.2.4. Tensión de alimentación y gestión de las baterías

Pese a que la mayoría de componentes electrónicos del prototipo trabajan a baja tensión se ha decidido implantar un conjunto de dos baterías en serie, con un valor de 12V cada una (en el mercado existe más variedad de baterías de 12V que de 24V, según el consumo de las mismas, decidiendo la opción de doble batería recomendado por el fabricante), para que definitivamente proporcione un valor de tensión de alimentación de 24V.

De esta forma al tener un conjunto de 4 motores para la locomoción del robot que se alimentan a través de los controladores a 24V, evitamos hacer cambios de tensión y conectarlos de forma directa a la alimentación.

El robot está diseñado para que pueda funcionar durante una partida de billar, estimando un tiempo por partida o juego aproximado, teniendo en cuenta que tanto el adversario como el robot deben de observar la posición de las bolas, analizar la jugada, y calcular la distancia y ángulo óptimo para realizar la jugada y ejecutarla, así como el tiempo de espera del movimiento de las bolas hasta su detención, y revisión de la jugada.

2.2.5. Sistema de ventilación

Se dotará de un sistema de ventilación compuesto por un único ventilador capaz de renovar el aire interior del cuerpo del robot para mantener todos sus componentes en un estado óptimo de refrigeración. Se debe de realizar una previsión de la renovación de aire interior mediante el diseño en la carcasa del prototipo de un sistema de entrada mediante huecos, rejillas, etc.

2.2.6. Sistema de visión

La mesa se encuentra en medio de la sala como un elemento fijo y en el que prototipo se dispondrá a realizar su jugada, para ello deberá de disponer de un sistema de visión para detectarla, además de realizar la aproximación lo más precisa posible.

Para realizar esta función se ha decidido incorporar un conjunto de diez sensores, cinco de ellos tendrán un rango de detección de entre 20-150 cm. y los otros cinco dispondrán de mayor precisión con un rango comprendido entre los de 2 a 15 cm.

Los rangos están elegidos acordes a la aproximación del robot hacia la mesa, es decir; se emplearán los sensores de mayor rango para detectar la mesa y el controlador permitirá la aproximación a la mesa, y una vez que la mesa este en la distancia corta, los sensores de menor rango actuarán y el controlador reducirá la velocidad del prototipo a medida que se acerca a la mesa hasta su detención a la distancia de disparo, sin llegar a tocar la mesa.

Para detectar las bolas que se encuentran sobre la mesa de juego se ha incorporado una cámara de visión es compatible con el procesador Raspberry Pi.

3. Funcionamiento del prototipo

El funcionamiento de este prototipo va ligado a la modalidad de juego que desearemos jugar, que como bien se ha indicado anteriormente se basa en el billar de carambolas. Para poder jugar a esta modalidad, se ha previsto que la zona en la que se practique, sea un bar o salón recreativo, o bien en zonas o salas deportivas, en caso de competiciones, según sea el nivel de juego planteado, dispongan de unos mínimos imprescindibles para facilitar los movimientos del robot, que dispongan de una temperatura adecuada, un pavimento con superficie plana, lisa y continua, así como la necesidad de delimitar el espacio de juego para evitar las interferencias con otras actividades que se realicen en el establecimiento.

Se ha realizado un estudio de la duración de una partida profesional, y se ha establecido una duración media de una hora, dependiendo del nivel de los participantes.

Se ha previsto que las baterías del prototipo dispongan de una duración aproximada de cuatro horas, lo que permitirá en el momento de la programación del robot, plantear distintos niveles de dificultad o de juego, ya que dependerá siempre de la habilidad y nivel de cada jugador.

El robot está diseñado a que se pueda aproximar a la mesa de billar de manera precisa para poder realizar la jugada.

Para iniciar el juego se deberá de proceder al encendido del prototipo mediante un interruptor general que permitirá suministrar energía a todos los dispositivos. Una vez iniciado, la pantalla táctil indicará como interactuar con el robot, que permitirá elegir la modalidad y nivel de juego. (La programación de dicho robot no entra en el objeto de este proyecto).

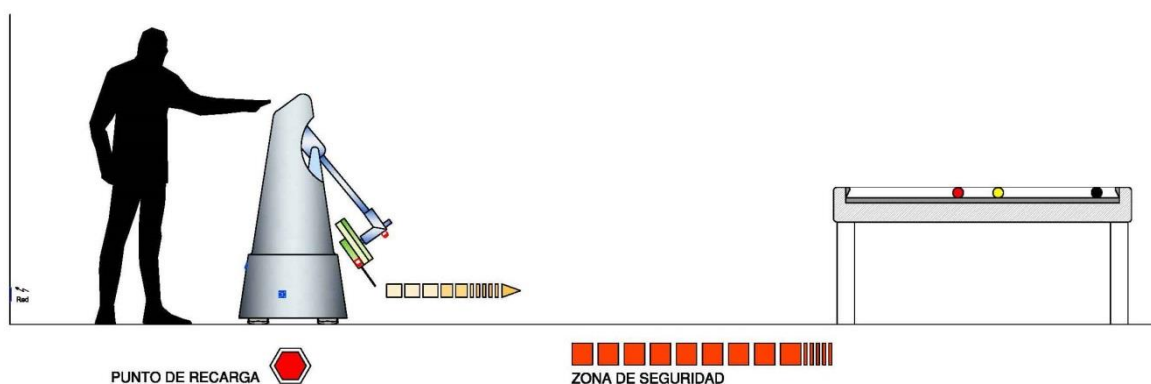


Figura 3.1. Puesta en marcha del juego.

La programación debería de tener en cuenta y permitir la selección del tipo de juego, el orden del jugador, el nivel de juego, y cantidad de juegos, además de tener en cuenta los movimientos que debe efectuar el prototipo para el desplazamiento, el acercamiento, el visionado, el estudio de la jugada, la posición de disparo y la ejecución de la jugada.

A la puesta en marcha y una vez seleccionado las opciones de juego, el robot se desplazará hasta la zona indicada como segura o de seguridad, una distancia aproximada metro y medio de la mesa de billar, pensada en permitir el juego del adversario sin entorpecer sus movimientos cuando proceda a realizar su jugada.

Dependiendo del orden de juego, el robot deberá esperar en la zona segura o bien iniciará el movimiento en dirección a la mesa (En este proceso actúan los sensores de mayor rango).

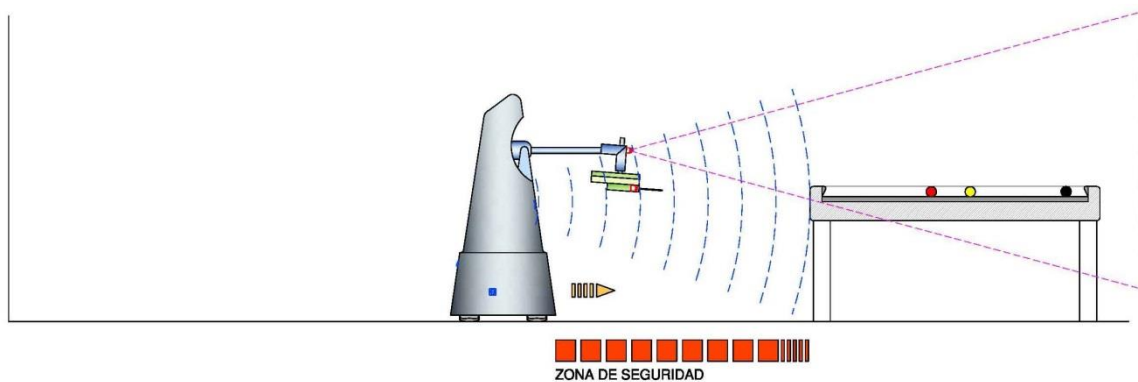


Figura 3.2. **Detección de los sensores y cámara superior.**

En este avance el robot deberá desplegar el brazo en posición horizontal para permitir la actuación de la cámara superior ubicada en el extremo del brazo.

Dicha cámara de visión deberá de realizar el control del posicionado de las bolas para el estudio de la jugada a realizar, dicha operación se realizará mediante el software correspondiente que el informático deberá programar (No motivo de este proyecto)

Posteriormente se irá reduciendo la velocidad de aproximación cuando los sensores de bajo rango detecten la mesa, manteniendo una distancia mínima a la misma que se considere en su momento para permitir los movimientos propios del prototipo.

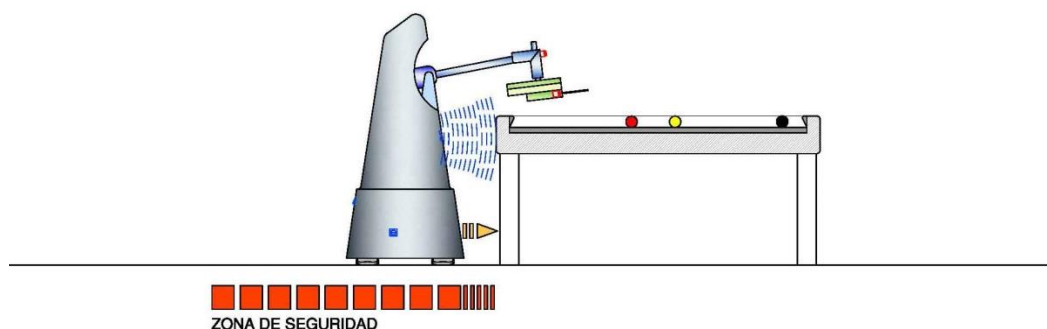


Figura 3.3. **Detección de los sensores (menor rango).**

Una vez realizada la aproximación a la mesa, gracias a los sensores de bajo rango, el robot avanzará y localizará la mejor posición de disparo para poder realizar la jugada.

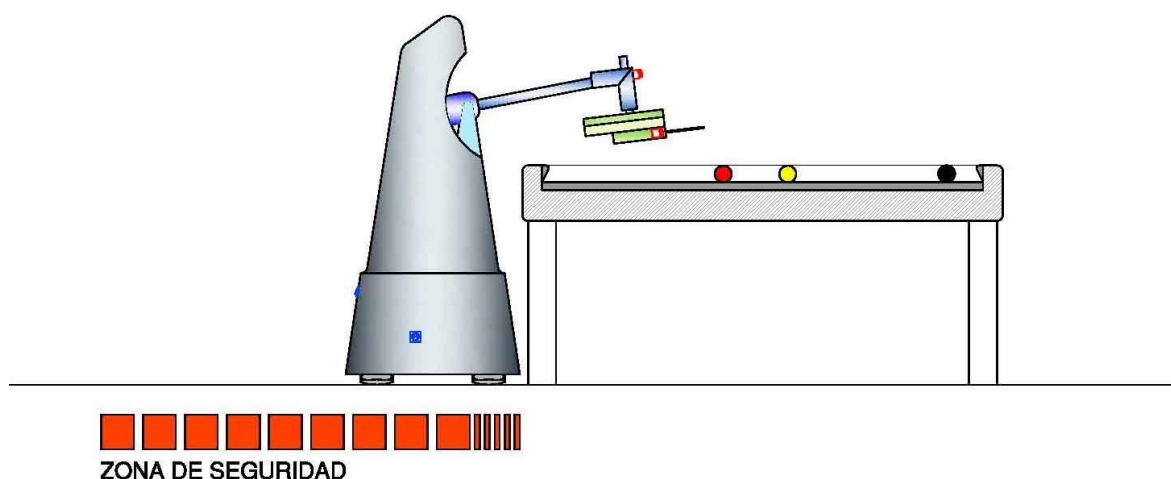


Figura 3.4. **Detención enfrente la mesa.**

El robot se desplazará hasta la posición deseada, realizando el movimiento perimetralmente por la mesa, deteniéndose en la posición indicada. El robot realizará los movimientos necesarios de brazo y percutor para el visionado por la cámara inferior ubicada en el conjunto del disparador, que localizará con exactitud la bola correspondiente preparando el golpeo y su ejecución.

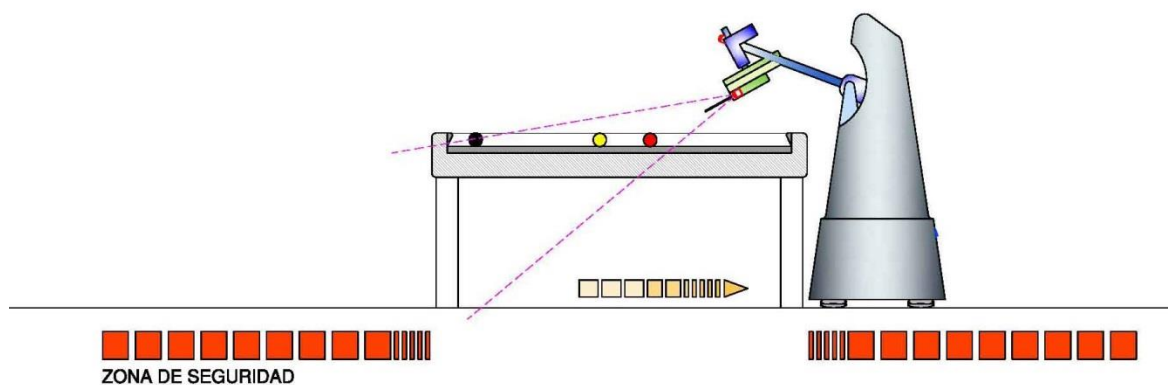


Figura 3.5. **Desplazamiento a posición de jugada. Localización de bola y disparo.**

Una vez realizada la jugada el robot se retirará hasta la zona de seguridad, donde el adversario deberá indicar en la pantalla táctil si se ha finalizado la jugada con éxito o no (con toda honestidad posible), con ello permitirá proseguir jugando, o bien permitirá el juego del adversario.

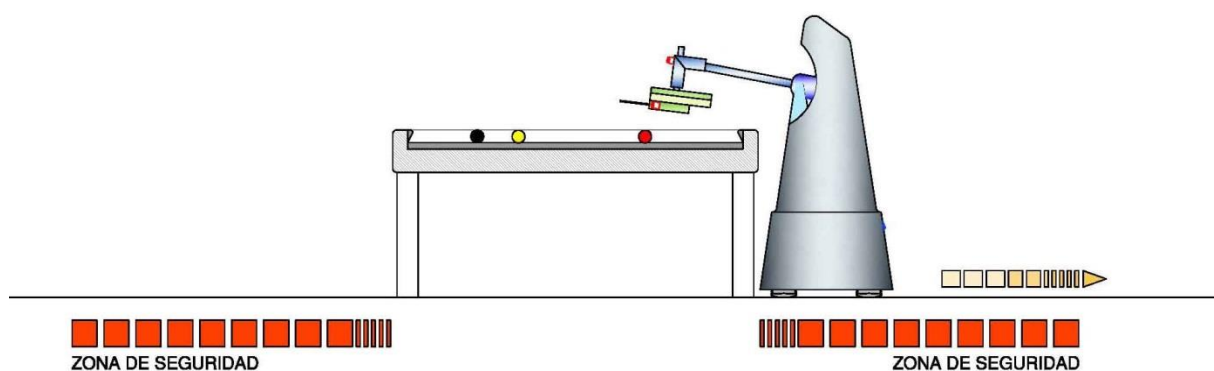


Figura 3.6. **Desplazamiento fuera de la zona de seguridad.**

Una vez finalizada la jugada el robot se desplazará perpendicularmente a la mesa hacia atrás, y en dicho movimiento el brazo y percutor deberán bajar para no entorpecer el movimiento a los jugadores contrario y permitir que la zona de seguridad se encuentre libre de obstáculos.

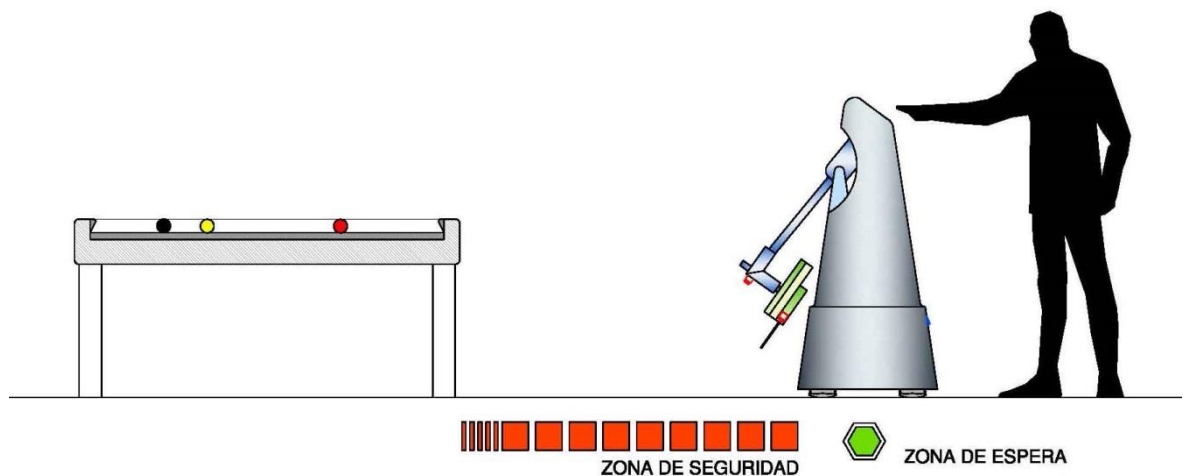


Figura 3.7. Interacción con adversario.

Las jugadas se irán realizando secuencialmente según las reglas de juego, hasta que el nivel de carga de la batería sea bajo (60 % de la batería), en dicho momento el robot finalizará la jugada correspondiente y volverá hasta el punto de inicio, donde deberá de realizar la recarga, donde la persona encargada deberá de proceder a su carga.

El prototipo, además del control a través de la unidad central dispone de un indicador de batería el cual mostrará el nivel de carga de la misma para información de los usuarios.

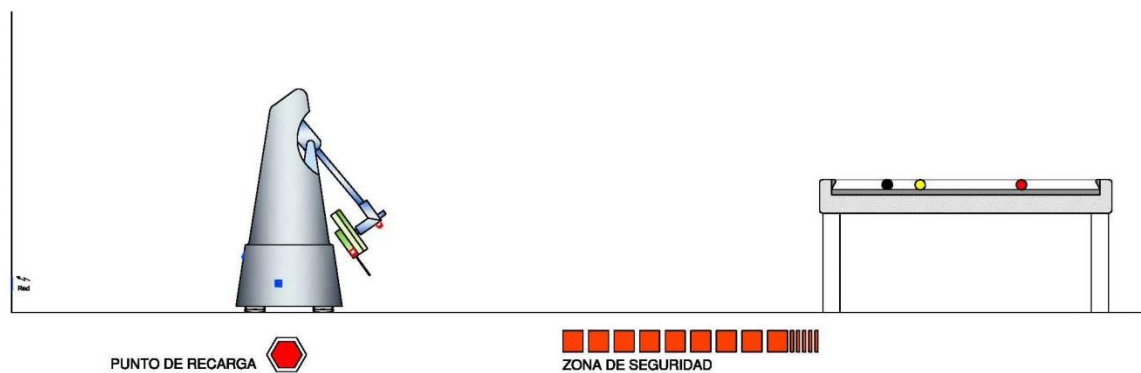


Figura 3.8. Punto inicial y de recarga de baatería.

Una vez explicado el procedimiento de actuación general del robot, procederemos a explicar el funcionamiento del sistema electrónico que permiten realizar los pasos anteriores.

En la base del prototipo nos encontraremos con el sistema de alimentación compuesto por dos baterías de 12V que estarán conectadas en serie para alimentar al conjunto del sistema. Estas baterías han sido estudiadas de tal forma que sean capaces de poder realizar una partida sin necesidad de volver al punto de carga, con una duración aproximada de cuatro horas.

Para seleccionar las diferentes opciones de juego se utilizará una pantalla táctil de 5 pulgadas, la cual irá conectada con el microprocesador (Raspberry Pi) y este a su vez conectado con la unidad central (Arduino).

Para el desplazamiento de la base del robot, que mediante la unidad central (Arduino), encargada de gestionar la velocidad y movimiento de los motores realizado a través de los controladores.

El sistema planteado para el desplazamiento del conjunto utiliza ruedas omnidireccionales, las cuales permiten el movimiento de desplazamiento más rápido y versátil que los tradicionales, que en contra no evita el movimiento de los diferentes rodillos que configuran cada rueda, y es por ello que se deberá de plantear y estudiar en su momento el sistema de detención de los mismos mediante sistemas mecánicos, no objeto de este proyecto, no obstante se ha realizado una previsión de activación electrónica con un conjunto de relés con una estimación de los mismos.

Los sensores en general enviarán información a la unidad central una vez detecten la mesa de billar.

La información desde la unidad central hacia los controladores (tanto de la base como del brazo y percutor) se realizarán a través del bus RS485.

Para proceder a visionar la posición de las bolas sobre la mesa se dispondrá de una cámara, conectada con el microprocesador (Raspberry Pi).

La integración del brazo conjuntamente con el percutor se ha conectado con la unidad central (Arduino) a través del bus mencionado anteriormente.

Cuando el robot este parado en la zona de carga debido al bajo nivel de la batería, el Arduino (unidad central) activará el relé que desconectará el flujo de corriente hacia los controladores-motores.

Para mejor visualización de los distintos componentes electrónicos, tanto los de este proyecto como la integración de otros de parciales, a continuación se muestra una sección general del prototipo donde se aprecia la ubicación estimada de las partes del robot y de sus componentes.

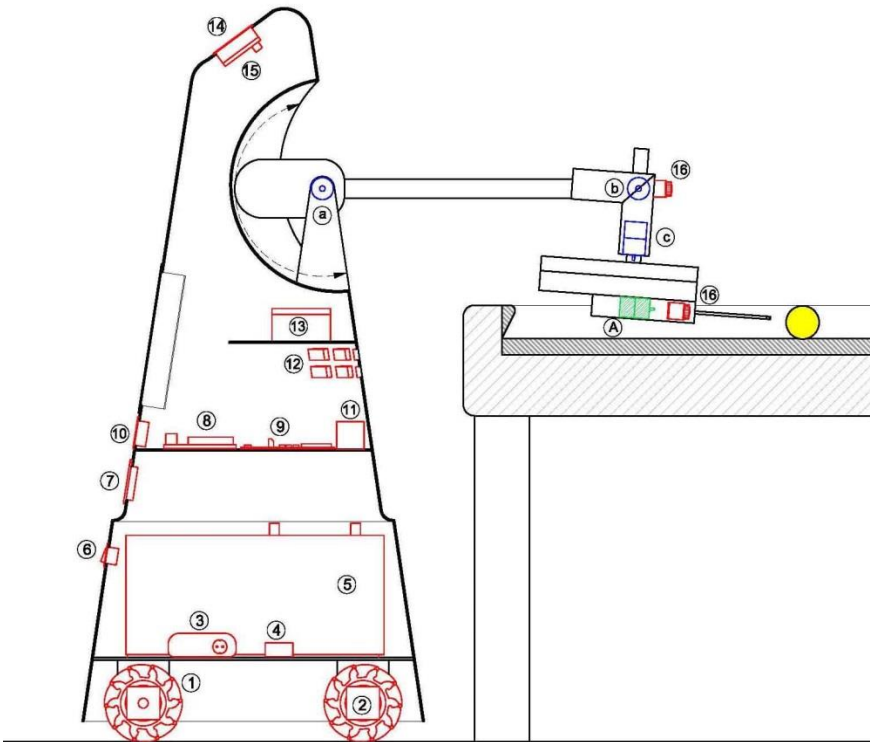


Figura 3.9. Sección. Ubicación de los componentes electrónicos.

COMPONENTES			
1	Sistema de ruedas	11	Convertidor 24V/12V
2	Motores de locomoción	12	Sistema de sensores
3	Cargador de batería	13	Control cámaras
4	Relé	14	Pantalla táctil
5	Baterías	15	Raspberry Pi (Procesador)
6	Interruptor general	16	Cámaras
7	Ventilador	a	Conjunto servomotor 050, freno y reductor (brazo)
8	Arduino (Controlador)	b	Conjunto servomotor 095, freno y reductor (brazo)
9	MAX485 (Bus RS485)	c	Conjunto servomotor 050 y reductor (brazo)
10	Indicador de carga de batería	A	Conjunto servomotor 095 y reductor (percutor)
El resto de componentes de pequeñas dimensiones como relés, fusibles, cableado, etc. no se ha grafiado.			

Figura 3.10. Tabla. Componentes electrónicos.

4. Componentes seleccionados:

En esta sección se describen los componentes seleccionados para el desarrollo del cuerpo y la base de locomoción del prototipo diseñado.

4.1. Componentes electrónicos

4.1.1. Ordenador del prototipo

Una de las partes más importantes para el diseño y desarrollo del prototipo ha sido la parte del control del robot, para que pueda realizar las funciones con el programa deseado sin necesidad de ser controlado por medio de un ordenador externo, es decir, poderse mover de manera autónoma una vez implantado el programa en el ordenador de “a bordo”. Para la implantación del programa se deberá pasar por medio del USB.

El planteamiento del ordenador está dividido en dos partes, una es el entorno de programación (software) para crear el tipo de tarea o aplicación que requerirá el prototipo mientras que la otra parte es el control del robot, además es la placa que tiene mayor memoria e incluso conexión vía wifi.

Por tanto el ordenador estará distribuido en dos placas:

- Arduino Mega 2560 Rev3.
- Raspberry Pi 3 B+.

Arduino Mega 2560 Rev 3

El Arduino seleccionado es un modelo de placa basado en el microcontrolador ATmega2560.



Figura 4.1. Placa Arduino Mega 2560 Rev. 3

Esta placa dispone de un conjunto de pines:

- Tiene 54 pines de entrada /salida digital. De estos pines, 15 se pueden usar como salidas PWM, es decir como modulador de ancho de pulso.
- 16 entradas analógicas.
- 4 UARTs (puertos serie de hardware)

A parte de este conjunto de pines también, como aspectos a destacar dispone de conexión USB, un conector para la alimentación y un botón de reinicio. Básicamente se podría decir que contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador.

Las entradas digitales se utilizan para representar elementos que solo tienen dos estados, como ON (binario => "1") u OFF (binario => "0") y las salidas digitales se usan para controlar elementos, también se podría decir que tienen dos estados, como iniciar o detener un dispositivo. Cada uno de estos pines puede proporcionar o recibir una corriente de 20mA, aun así un máximo de 40mA es el valor que no debe excederse para evitar daños permanentes al microcontrolador.

Los pines correspondientes a entradas analógicas se utilizan cuando se desea leer el potencial de voltaje de algún elemento, es decir, el voltaje varía en función del valor de la señal. En este caso los sensores analógicos de proximidad, tanto los infrarrojos como los inductivos.

En estas entradas no se puede leer voltajes superiores a 5 voltios (esta tensión oscila entre 0V y 5V), para leer los niveles de voltaje, los microcontroladores requieren de un convertidor analógico-digital, el cual utiliza un proceso de muestreo, con una resolución de 10 bits, lo que significa que si el convertidor devuelve un valor de 0 (digital) implica que no hay tensión en su entrada, y en cuyo caso el valor sea de 1023, la entrada proporcionará una tensión de 5 voltios.

La placa Mega 2560 tiene un conjunto de puertos serie (UARTs) para que pueda comunicarse con un ordenador, otra placa u otros microcontroladores. Esta placa posee uno de estos puertos serie integrado a una salida USB, gracias al integrado ATmega16U2 que actúa de intermediario entre serial y el puerto USB, para la transmisión de la información.

La placa se puede alimentar a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La placa puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Sin embargo, si se suministra con menos de 7V, el pin de 5V puede suministrar menos de cinco voltios provocando inestabilidad en la placa. Por el contrario si se usan más de 12V, el regulador de voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa. Por lo tanto el rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

También como características adicionales a destacar tiene:

- Memoria Flash de 256KB para almacenar código (de los cuales 8KB son utilizados por el gestor de arranque).
- Una velocidad de reloj de 16MHz
- Un peso de 37g.

Raspberry Pi modelo 3B+

Uno de los objetivos que se planteó para este proyecto era que en caso de futuras mejoras para el conjunto del robot, y más concretamente en la parte del percutor, poder añadir una cámara (visión) para mejorar la orientación del disparo.

De ahí la elección de la Raspberry Pi modelo 3 B+, se necesitaba este elemento para el control de la cámara ya que esta tarea no entra dentro de las funciones del Arduino seleccionado.

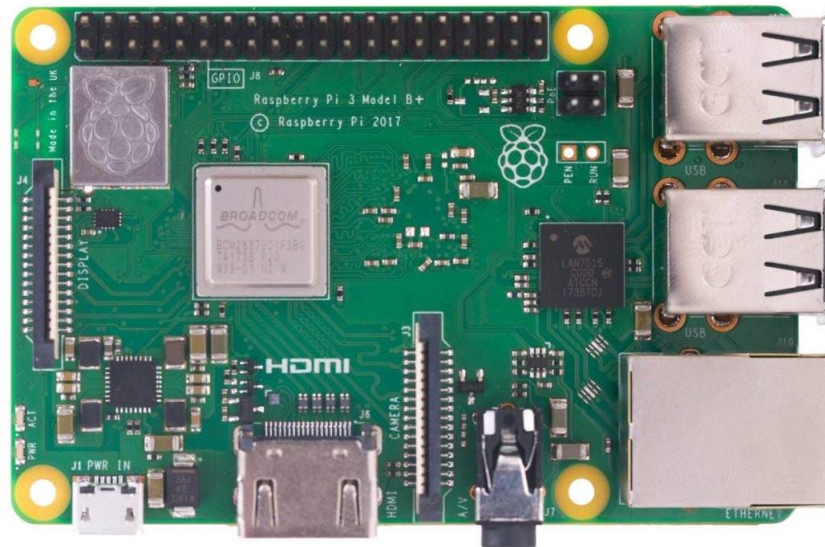


Figura 4.2. Placa Raspberry Pi modelo 3B+

La Raspberry Pi posee los siguientes elementos a destacar:

- Cuenta con un procesador (quad-core) Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) de 64 bits que funciona a 1,4GHz con disipador de calor de metal integrado.
- Conexión inalámbrica (WIFI 802.11ac) con banda dual de 2.4GHz y 5GHz.
- Bluetooth 4.2
- Puerto LAN Ethernet Gigabit sobre USB 2.0 (más rápido que los modelos previos de la Raspberry Pi, 300Mbps)
- Salida HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara.
- Puerto de pantalla DSI para poder conectar una pantalla táctil.
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video.
- Entrada de corriente continua de 5V / 2.5A.
- Puerto micro SD para cargar su sistema operativo y almacenaje de datos.

A parte de las características comentadas previamente también cabe destacar que tiene 1GB de memoria RAM, tiene un mejor rendimiento que los otros modelos de placa y también posee una cabecera GPIO (*'General Purpose Input/Output'*) de 40 pines.

El procesador cuenta con cuatro núcleos los cuales aportan mejoras en la gestión de la velocidad y frecuencia, también cuenta con un disipador de calor que ayuda a reducir la temperatura.

Cabe destacar que al tener el puerto Ethernet sobre un puerto USB se ve un poco limitado en términos velocidad de carga y descarga de datos, otro factor que puede limitar esta placa es el hecho de que solo posee 1GB de memoria, pero en principio para la tarea que debe desempeñar en este proyecto es suficiente, en caso de no ser así se le podría añadir una memoria externa.

La cabecera GPIO consiste en un sistema de entrada y salida, que consta de una serie de pines para múltiples usos.

4.1.2. Sensores

Para cumplir uno de los objetivos, el cual es obtener la máxima precisión a la hora de aproximarse a la mesa de billar, sin llegar a tocarla.

Para abordar este objetivo se ha decidido colocar dos tipos de sensores en función de la proximidad del prototipo respecto de la mesa de billar.

Sensor infrarrojo (analógico)

Para la dotación de visión del sistema del prototipo se ha decidido implantar un conjunto de cinco sensores en el perímetro frontal del cuerpo del prototipo.

Uno de los sensores elegidos corresponde al GP2Y0A02YK0F (SHARP), un sensor óptico de larga distancia y muy preciso. Está compuesto por un LED infrarrojo con dispositivo de posición (PSD) y un procesador integrado el cual se encarga de calcular la distancia. La conexión que presenta este sensor es de tres hilos, 2 hilos para la alimentación (GND y Vcc) y otro para el voltaje de salida (Vo).



Figura 4.3. Sensor infrarrojo analógico modelo GP2Y0A02YK0F (SHARP, 20-150cm)

Este tipo de sensor proporciona una lectura continua de la distancia medida con los objetos situados en frente suyo y proporciona a través de una tensión analógica la medida a la salida. El rango de medida es entre 20 cm y 150 cm (rango medio-alto), con un alto grado de precisión.

La tensión de alimentación está comprendida entre 4.5 y 5.5V y su consumo es de 33mA.

Ni la diferencia en la reflectividad de los objetos, ni la temperatura de funcionamiento afectan en gran medida la operación de este sensor.

El funcionamiento de estos sensores, consiste en la emisión de un haz de luz procedente del emisor LED infrarrojo y que al rebotar con el objeto, es recibido por el detector (lineal) de posición (PSD, *Position Sensitive Detection*), es decir, que emplea un sistema de triangulación para determinar la distancia del sensor a los objetos ubicados frente al rayo, como se aprecia a continuación.

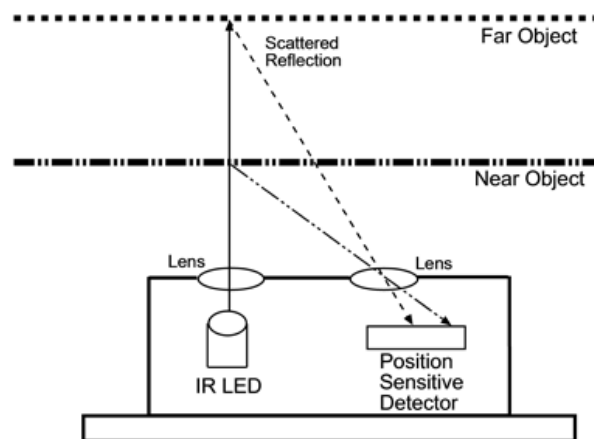


Figura 4.4. Funcionamiento de los sensores infrarrojos

Pero al no tener una respuesta lineal hay que interpolar el valor para obtener un nivel de precisión adecuado. Entonces como podemos apreciar en el siguiente gráfico, para una distancia de 20 cm el valor de la salida analógica será de 2.5V aproximadamente y para una distancia de 150 cm la salida será de entorno 0.4V.

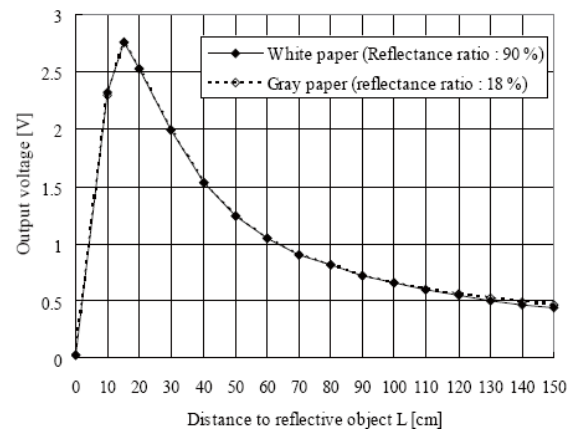


Figura 4.5. Gráfico de la señal (V) en función de la distancia (cm), para sensor de rango 20-150cm.

El otro sensor seleccionado corresponde al GP2Y0A51SK0F (SHARP), un sensor óptico, en este caso de corta distancia muy preciso. Está compuesto al igual que el modelo anterior, por un LED infrarrojo con dispositivo de posición (PSD) y un procesador integrado el cual se encarga de calcular la distancia.

La conexión que presenta este sensor es de tres hilos, si nos situamos de frente al sensor, las tres conexiones son, de izquierda a derecha, alimentación (Vcc), tierra y la señal de salida (Vo).



Figura 4.6. Sensor infrarrojo analógico modelo GP2Y0A51SK0F (SHARP, 2-15cm)

El rango de medida para este sensor es entre 2 cm y 15 cm (rango bajo), con un alto grado de precisión.

La tensión de alimentación está comprendida entre 4.5 y 5.5V, como el modelo previo, pero se diferencia de su consumo, entorno a los 12mA (**nota:** el fabricante recomienda colocar un capacitor de 10 μ F o más en la alimentación y la tierra cerca del sensor para estabilizar la línea de alimentación).

El funcionamiento de este tipo de sensor, sigue el mismo que el otro modelo pero sus valores varían, como se puede apreciar en el grafico que hay a continuación, para una distancia de 2cm el valor analógico de la salida es de 2,10V aproximadamente, y para los 15cm el valor es de 0,4V.

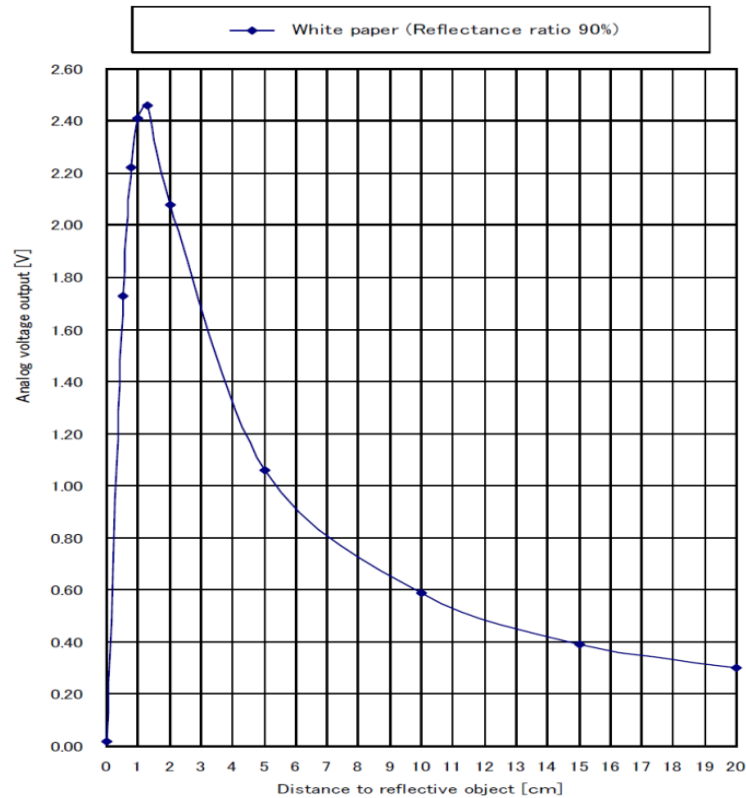


Figura 4.7. Gráfico de la señal (V) en función de la distancia (cm), para sensor de rango 2-15cm.

4.1.3. Convertidor reductor (regulador de tensión) 24-12V

Como resultado de utilizar unas baterías de 12V en serie que generan un voltaje de 24V, esta tensión debe alimentar distintos elementos a la vez, por un lado alimentarían los motores y por otro también se encarga de suministrar energía al Arduino que a través de este alimentará la Raspberry Pi y los sensores.

Para poder alimentar el Arduino y no ocasionar ninguna sobretensión, se requiere utilizar un convertidor reductor que pase de estos 24V proporcionados por las baterías a 12V. Una vez conectado el convertidor la salida de éste se conectará a través del conector Jack que tiene un rango de 7-12V como tensión de entrada.

Debido a que la batería alimenta los motores y a la vez el Arduino, a una tensión de 24V, para no ocasionar una sobretensión en la unidad central, se requiere de un convertidor reductor que pase de los 24V proporcionados por la batería a 12V para alimentar al Arduino por el conector (Jack) de 7-12V.



Figura 4.8. Ejemplo de convertidor reductor de la marca ICAR.

4.1.4. Interruptor general

Para evitar posibles incidentes en caso de tener que reemplazar o añadir algún componente en el prototipo, se instalará un interruptor en la salida de la batería para cortar la alimentación a cualquier elemento del robot y así poder detener el prototipo y operar sin ningún problema.

Puede soportar corrientes de 16 amperios y hasta 250V en AC, aunque sea para alterna no perjudica que la fuente de alimentación trabaje en continua. Es un interruptor DPST es de doble polo para poder desconectar por completo el flujo de corriente hacia el sistema.



Figura 4.9. Imagen del interruptor general.

4.1.5. Pantalla táctil 5''

Se ha añadido una pantalla táctil HDMI para que la interacción con el ordenador sea mucho más sencilla y práctica. La interacción a través de un toque por parte del usuario ayuda enormemente en caso de tener que seleccionar el programa o el tipo de juego que deseemos jugar.

Las pantallas táctiles son dispositivos que actúan de entrada/salida, los cuales hacen posible la transferencia de datos, y al mismo tiempo obtener resultados. Es decir, permite introducir información al sistema para que reproduzca el resultado del procesamiento de dicha información.



Figura 4.10. Pantalla táctil de 5'' HDMI

Por carácter general suele haber dos tipos diferentes de pantalla táctil:

- Capacitivas: éstas están basadas en el funcionamiento de los sensores capacitivos y su estructura, ya que están compuestos de dos elementos fundamentales: una capa de aislamiento eléctrico y un sensor capacitivo.

Las capacitivas tienen una mayor calidad de imagen, son más sensibles al contacto con los dedos, y pueden utilizar la función multitouch, lo que significa que se pueden tocar con varios dedos a la vez.

- Resistivas: tienen la ventaja de que son muy resistentes tanto al polvo como a la humedad.

Las resistivas a diferencia de las capacitivas son más gruesas y económicas.

Para este prototipo se ha decidido colocar una pantalla táctil resistiva TFT de LCD de 5" con una resolución de 800x400. Cada píxel de la pantalla TFT es respaldada por un pequeño transistor.

Las pantallas TFT de LCD muestran el texto de forma nítida, con colores vivos, animaciones rápidas y gráficos complejos. Este tipo de tecnología de transistores múltiples mejora la imagen de tal forma que no produce parpadeos ni bandas. La interfaz de estas pantallas es más simple para los usuarios, y dispone de un ángulo de visión bastante amplio.

También contiene una ranura SD y una entrada HDMI.

4.1.6. Sistema de ventilación

4.1.6.1. Ventilador

Se ha dotado de un único ventilador que pueda generar suficiente aire como para ventilar el circuito entero, y está controlado por el Arduino de tal forma que pueda encenderlo o apagarlo, cuando dicho controlador lo indique.

El ventilador seleccionado es un ventilador Tacens Anima AF8, de 7 aspas que pueden generar una potente presión y un flujo de aire de 51,82 m³/h, con bajo consumo de energía con tan solo 1,44W a plena velocidad. Trabaja con un voltaje de 12 voltios, y una intensidad de 0,12 amperios. Es un dispositivo bastante silencioso 12dBA.



Figura 4.11. Ventilador Tacens Anima AF8.

4.1.6.2. MOSFET

Para dicho sistema se empleará un transistor MOSFET (IRL 540) que hará la función de interruptor, al conmutar permitirá encender o apagar el ventilador.

Un MOSFET es un dispositivo semiconductor utilizado para la conmutación y amplificación de señales. Posee 3 terminales o patillas: "Gate (G), Drain (D) y Source (S)" (compuerta, drenaje y fuente), con dos canales el N y el P, estos dos canales son capas semiconductoras de un tipo de sustrato contrario al de S y D, que hacen de aislante impidiendo el paso de corriente.

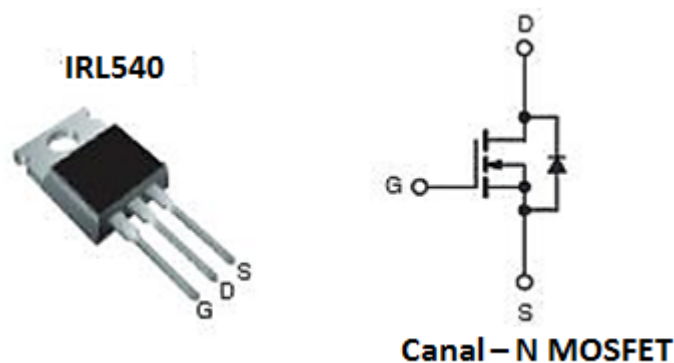


Figura 4.12. MOSFET IRL540.

Para que el MOSFET pueda conmutar se debe de generar una tensión mínima en la patilla del "Gate", hecho que permitirá fluir la corriente o no entre el drenador (D) y la fuente (S). A grandes rasgos las otras dos patillas hacen la función de entrada y salida, fuente y drenador respectivamente.

4.1.6.3. Diodo

Cuando se desactiva el motor del ventilador, se interrumpe el paso de corriente que pasa por la bobina, hecho que produce una tensión elevada de polaridad, opuesta en sus terminales, hecho que puede dañar el transistor de control (MOSFET). Para evitar dichos picos de tensión se empleará el uso de un diodo, que los absorberá. El diodo seleccionado es el 1N4007.



Figura 4.13. Diodo 1N4007.

4.1.7. Batería

Uno de los objetivos principales a cumplir es que el robot pueda funcionar de manera autónoma y de forma continua, para eso se ha decidido usar una única batería recargable, para evitar ir cambiando de batería constantemente.



Figura 4.14. Batería Exide de gel tipo SB12/185A

Esta batería será la que alimente el robot cuando esté en funcionamiento. Para elegir este tipo de batería, previamente se ha tenido que calcular el consumo aproximado, en función de las horas en que el robot esté operando, realizado en la sección de cálculos. A raíz del cálculo se ha podido obtener que el consumo total sea de 28,28 amperios. Para la obtención del consumo se ha estimado la duración de la batería, para ello se ha considerado que el robot este ya programado y preparado para jugar, y únicamente funcione aproximadamente cuatro horas.

Realmente para este prototipo se requiere de dos baterías de 12V cuyo modelo es el SB12/185A, son baterías de gel. Algunas de las ventajas de este tipo de baterías es que son de ciclo profundo eso significa que tienen la capacidad de descargarse, en este caso hasta un 60% de la capacidad (que es la recomendada por el fabricante), no liberan gases, tienen mejor rendimiento en climas cálidos, tienen la vida útil más larga, ya que disponen de más ciclos de carga/descarga. Las baterías seleccionadas poseen una duración de 1200 ciclos de vida al 60% de capacidad de descarga, es decir que una vez hayan hecho esos ciclos se deberán de cambiar.

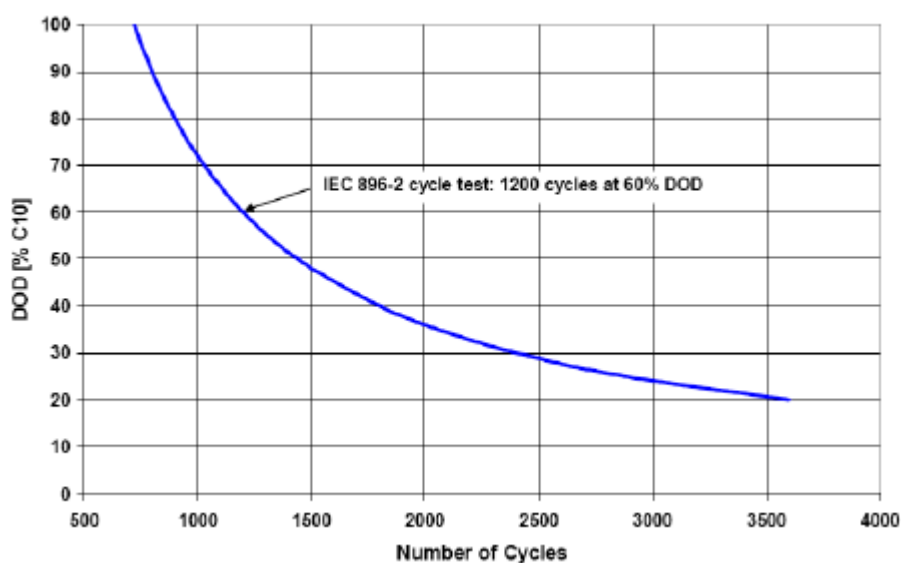


Figura 4.15. Gráfica del número de ciclos en función del porcentaje de descarga.

4.1.8. Cargador de batería

Para poder cargar la batería una vez consumida, se empleará un cargador de batería, Modelo Noco Genius G7200 el cual es considerado un cargador inteligente, uno de los más seguros y avanzados del mercado. El G7200EU de 7.2 amperios ha sido diseñado para poder cargar todo tipo de baterías, de 12 y 24 voltios.

Posee el doble de velocidad de carga que los cargadores comunes de batería. Al ser guiado por un microordenador integrado, puede reparar las baterías dañadas y supervisar la actividad de la batería para garantizar una carga segura y eficiente. También es capaz de minimizar automáticamente el consumo de energía y proporcionar niveles redundantes de protección de seguridad, incluida la tecnología a prueba de chispas y/o sobrecargas.

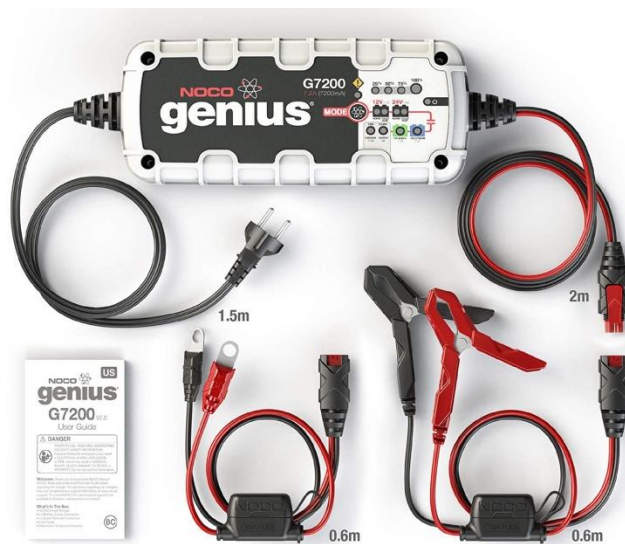


Figura 4.16. Cargador de batería tipo Noco Genius G7200.

Este cargador es capaz de permanecer conectado de forma segura las 24 horas, los 7 días de la semana. Es un diseño ultra compacto y muy manejable.

4.1.9. Indicador de batería

Como el sistema de alimentación del prototipo es de dos baterías colocadas en serie y a modo de bloque, es preciso saber el nivel de carga que hay en la batería y además para informar al Arduino de cuando se esté terminando la batería, para que el robot pueda volver a la zona de carga.

Para mostrar dichos niveles se dispondrá de un indicador de batería, el cuál irá conectado directamente a la batería que facilitará la visualización de la cantidad de batería restante en cada momento.



Figura 4.17. Indicador del estado de la batería.

Pero con este indicador no es suficiente ya que no hay una conexión directa con Arduino, y el robot no puede saber qué nivel carga de batería dispone, por lo tanto es precisa la utilización de un divisor de tensión que esté conectado con dicho controlador.

4.1.10. Divisor de tensión para medición de baterías

Para realizar el divisor es necesario saber que resistencias se emplearán y para obtener el valor de las resistencias debemos tener en cuenta un par de condiciones:

- La tensión de los pines de entrada analógicos del Arduino (5V).
- La tensión máxima que admite cada batería (14,40V).

Para poder obtener el valor de las resistencias para el divisor, se realizarán aproximaciones de estos valores para que el valor de tensión obtenido en la entrada analógica del Arduino no exceda de 5V para no dañar el controlador.

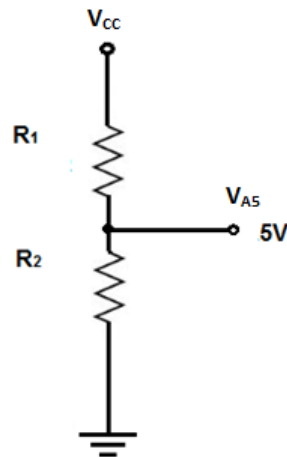


Figura 4.18. Divisor de tensión para el control del estado de la batería.

Como hemos mencionado anteriormente supondremos un valor de resistencia teniendo en cuenta que la tensión que habrá por V_{A5} no puede ser mayor de 5V y también sabemos que por los datos proporcionados por el fabricante de las baterías la tensión máxima de carga es de 14,40V para cada batería, con lo cual la suma de ellas, ya que están en serie es de 28,80V (V_{cc}). Por lo tanto la tensión máxima de la que se dispondrá no superará los 28,80V (V_{cc}).

Los cálculos para la obtención de dichas resistencias se han resuelto en el apartado de Cálculos, donde finalmente se ha llegado a la conclusión de que el valor de las resistencias es el siguiente:

$R_1 = 107K\Omega$
$R_2 = 22,1K\Omega$

Figura 4.19. Valores de resistencia seleccionados.

Para llegar al valor de las resistencias se ha supuesto una con un valor normalizado de mercado con su tolerancia y a partir de aquí, se ha procedido a calcular el valor de resistencia óptimo dentro de las condiciones establecidas por la fuente y la unidad central (Arduino).

4.1.11. Controlador del motor

El factor más importante para realización de una buena aproximación a la mesa de billar es el control del movimiento de desplazamiento del robot, y para este fin se requieren controlares para el control de los mismos.

Entonces para dicha función se ha escogido el conjunto PD-1161 de la marca Trinamic, ya que se ajustan a los parámetros requeridos por el prototipo. Este conjunto está formado por el propio controlador del motor más el motor paso a paso, el cual se comentará en el siguiente punto.

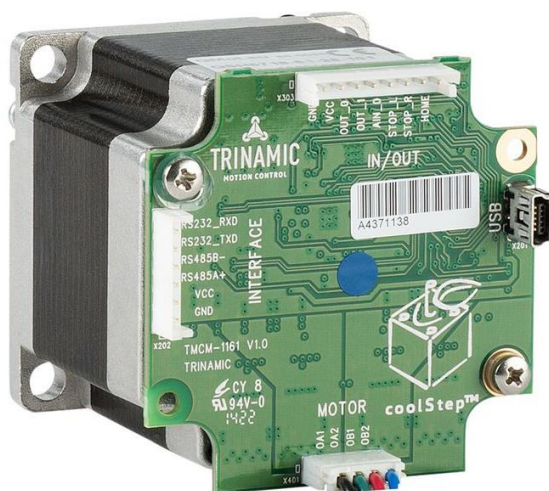


Figura 4.20. Conjunto controlador TMC2130 (TRINAMIC), con motor Nema 24.

Dicho controlador se ha ajustado a los parámetros estudiados para nuestro prototipo, está diseñado para que aguante un par de 0,55... 3,1Nm máx., una tensión nominal de alimentación de 24V DC (10... 30V DC) y la corriente del motor de hasta 2,8A RMS (programable).

El controlador es capaz de modificar los parámetros del motor en movimiento (como por ejemplo posición, velocidad, aceleración), mediante el cálculo del perfil de movimiento en tiempo real.

Posee un microcontrolador de alto rendimiento para el control general del sistema y manejo del protocolo de comunicación serie, también opera con alta eficiencia y baja disipación de potencia. También tiene un codificador magnético para la supervisión de posicionamiento y detección de pérdida de pasos en cada operación.

Además dispone de una función para reducir el consumo de energía y disipar el calor.

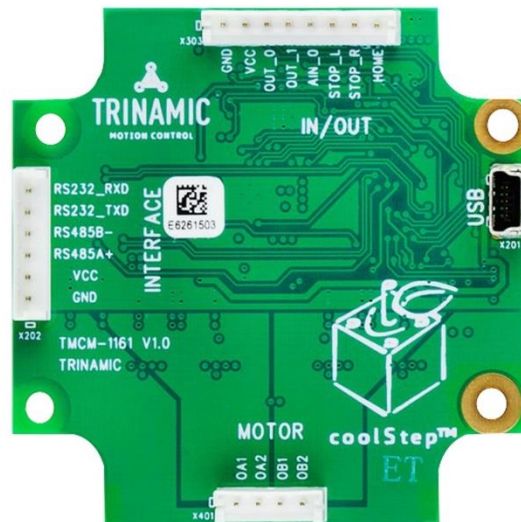


Figura 4.21. Módulo controlador TCM-1161.

Contiene las interfaces de comunicación USB, RS232 y RS485. El software del cual dispone permite operar a control remoto e incluso de forma autónoma (TMCL).

La interfaz utilizada en este proyecto para establecer una comunicación con el controlador de a bordo es la RS485, debido a que es la que más se ajusta debido a la cantidad de controladores requerida para este prototipo.

A continuación se expone brevemente en que consiste esta interfaz:

Interfaz RS485

La interfaz RS485 está definida como un sistema de bus de datos diferencial con conexión multipunto, y a través de canales ruidosos. Eso es debido a que el par trenzado reduce los ruidos inducidos en la línea de transmisión. La transmisión diferencial permite alcanzar mayores distancias con una notable inmunidad al ruido, siempre que el bus de comunicación mantenga las características de bus balanceado dando posibilidad a la configuración multipunto. El bus 485 dispone de dos conductores denominados A y B (inversora).

El protocolo funciona, simplemente, invirtiendo la tensión entra A (no inversora) y (inversora):

- Cuando A+ y B- se considera un estado de nivel bajo (LOW)
- Cuando A- y B+ se considera un estado de nivel alto (HIGH)

Se puede establecer la comunicación de tres maneras: simplex, half-duplex y full-duplex, este tipo de comunicación varía según el fin para el cual está determinado el sistema, es decir, por si quieres que actúe como emisor, como receptor o ambos casos.

Esta interfaz está conformada por un dispositivo Master y uno o varios esclavos, en esta conexión el Master es el que controla a todos los dispositivos esclavos, como se puede apreciar la imagen que se muestra a continuación.

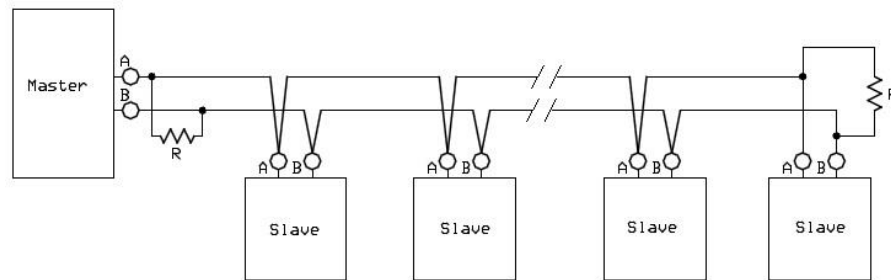


Figura 4.22. Ejemplo de un sistema de bus RS485 con Master y esclavos.

4.1.12. MAX485 (Circuito integrado)

Como el bus RS485 es un protocolo de comunicaciones que en vez de funcionar por niveles de tensión funciona por niveles de corriente (amperaje), requiere de un conversor.

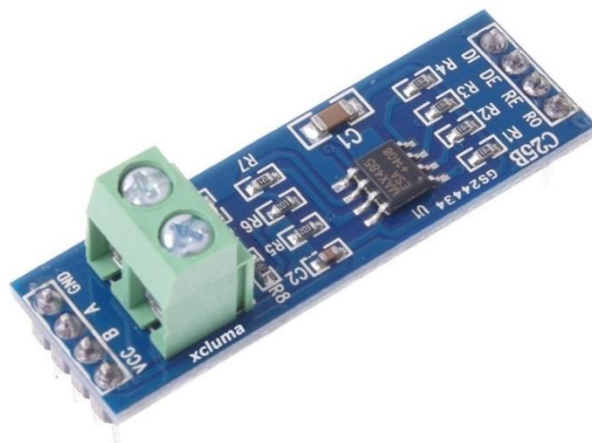


Figura 4.23. Dispositivo integrado MAX485.

Para ello se ha empleado el circuito integrado MAX485 que es un transceptor (dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor) de baja potencia y con una velocidad de respuesta limitada. Este módulo se conecta a un microcontrolador o en este caso al Arduino, y permite convertir las señales seriales TTL en señales diferenciales compatibles con el estándar RS485, el cual trabaja con la configuración half-duplex.

Interfaz RS232

La interfaz RS232 es otra de las que dispone el controlador pero que no se ha usado debido que sus características no son compatibles con el conjunto aplicado en el prototipo.

Se trata de una comunicación punto a punto, y con un modo de transmisión simple (bidireccional), pero vulnerable al ruido aditivo en la línea y es debido a eso que se emplea este tipo de comunicación para distancias cortas.

Las diferencias entre ambos seriales y por las cuales nos hemos decantado por el RS485:

- **Cantidad de cables:** La comunicación serie RS232 se compone de 9 cables diferentes (cada cable tiene un propósito distinto en la transmisión de datos), mientras que en la comunicación RS485 solo se basa en 3 cables, dos para la transmisión de datos y otro para GND.
- **Transmisión bidireccional:** RS232 tiene una transmisión dúplex, eso quiere decir que puede transmitir los datos en ambas direcciones, tanto de envío como de recepción. Mientras que RS485 en el caso de este proyecto emplea un MAX485 que es half-dúplex, lo cual significa que solo puede transmitir en una dirección a la vez (tanto enviar como recibir datos, pero solo en una dirección).
- **Voltaje:** RS232 usa un voltaje de -12V a +12V, mientras que el RS485 usa voltajes entre -5V y +5V.
- **Distancia:** Los cables RS232 generalmente tienen una longitud de unos 15m. Para los cables RS485 pueden llegar a los 1200m.
- **Numero de dispositivos:** La interfaz RS232 requiere de una conexión pin a pin lo que implica que solo puede estar conectada con un dispositivo a la vez. Mientras que la conexión RS485 puede conectar hasta 32 dispositivos al mismo tiempo (multipunto).

Esta es una de las principales razones por la cual se ha decidido usar la interfaz RS485.

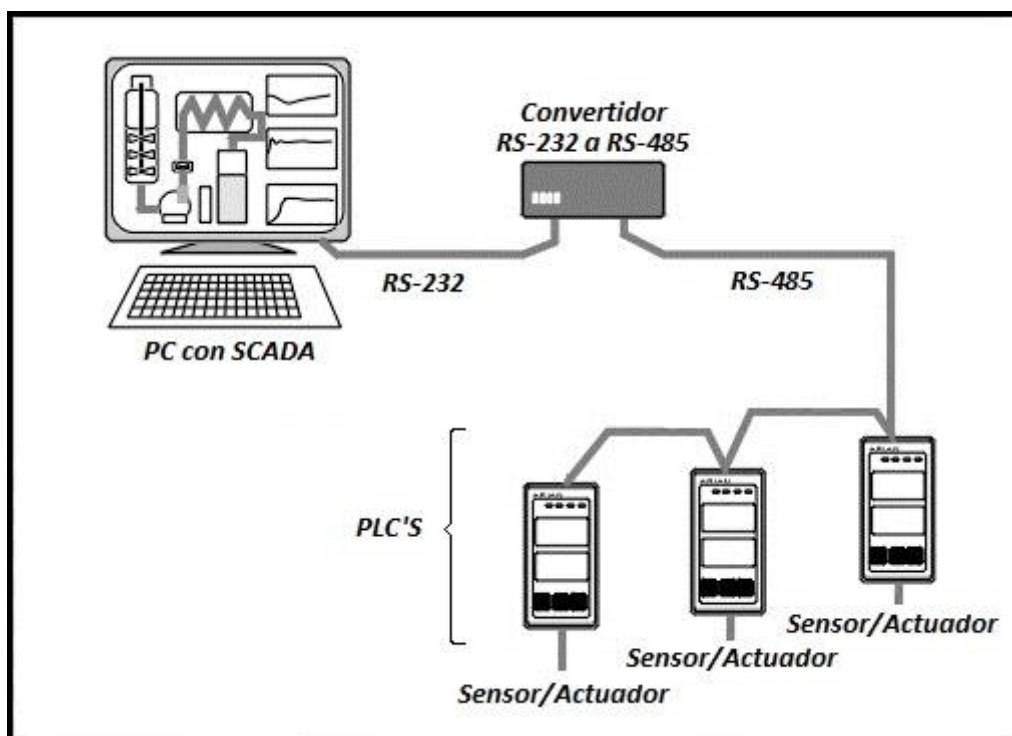


Figura 4.24. Ejemplo de sistema con conexión de dos interfaces unidas (RS232 con RS485).

4.1.13. Motor Nema 24

El motor seleccionado para este proyecto es el motor Nema 24 ya que es compatible con el módulo controlador TMCM-1161. El motor Nema 24 es un motor paso a paso bipolar, con ángulo de paso de 1.8 grados, posee 4 cables, consumo de 3,5A, y con un par de 3,1Nm.



Figura 4.25. Motor Nema 24.

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que es capaz de convertir, a partir de una serie de impulsos eléctricos, generar giros de una cantidad de grados en función de las entradas de control. Este motor posee las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento.

Los motores paso a paso bipolares suelen tener generalmente cuatro cables de salida. Necesitan un control preciso ya que requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia adecuada para poder realizar el movimiento.



Figura 4.26. Clasificación del cableado del motor.

4.1.14. Relé

Se ha decidido colocar un relé entre la salida de la batería y el controlador, como protección en caso de carga de las baterías, que desconectará los motores evitando el accionamiento accidental de los mismos. Dicho relé estará conectado (NC) de tal forma que pueda haber flujo de corriente al controlador para alimentar los motores y en el caso de que el prototipo llegue a la zona de carga poder desconectar los motores, ya que está conectado al Arduino.



Figura 4.27. Relé SRD-24VDC-SL-C DC 24V.

La peculiaridad de este relé es que es biestable, lo cual significa que dispone de memoria, siendo muy útil para evitar la pérdida del estado de las maniobras eléctricas al retirar la energía del equipo.

El relé biestable tiene dos posiciones de estabilidad, independientemente de que la bobina está excitada o no. Ésta constituye una gran diferencia con respecto al tipo de relé convencional, el cual sólo posee una condición de estabilidad absoluta (cuando la bobina no está energizada).

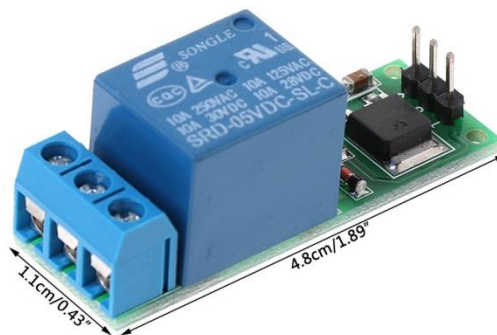


Figura 4.28. Conjunto JOYKK para conexión con Arduino.

Los 4 relés seleccionados para el control del sistema de bloqueo de los rodillos de las 4 ruedas omnidireccionales son RELE MINIATURA FINDER de la serie 30.22 de 24V en DC y 2A.



Figura 4.29. Relé miniatura de la marca Finder.

4.1.15. Placas de circuito impreso (PCB)

Con la finalidad de conectar correctamente los componentes del circuito, en su mayoría sensores, se utilizará una placa de circuito impreso (PCB) en la cual se conectarán todas las alimentaciones de los sensores (Vcc y GND) con la salida analógica del Arduino (+5V y GND) para que dichos sensores puedan ser alimentados.

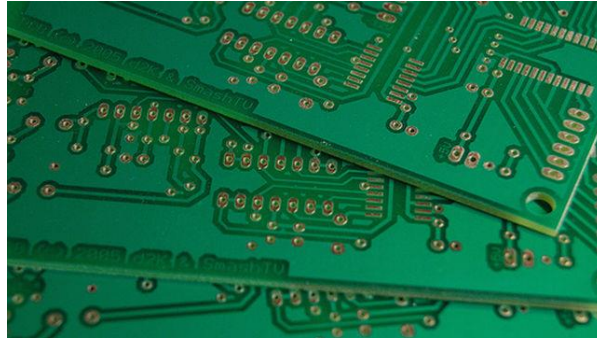


Figura 4.30. Imagen de placas PCBs.

Algunas de las diferencias más notorias entre PCB y protoboard, se exponen a continuación:

- La organización en las PCBs es más sencilla: En este tipo de placas no se emplean tantos cables por lo que resulta más práctico y limpio, por tanto de cara al prototipo, emplear esta placa minimiza el espacio y posibles enredos con los cables, incluso posibles desconexiones.

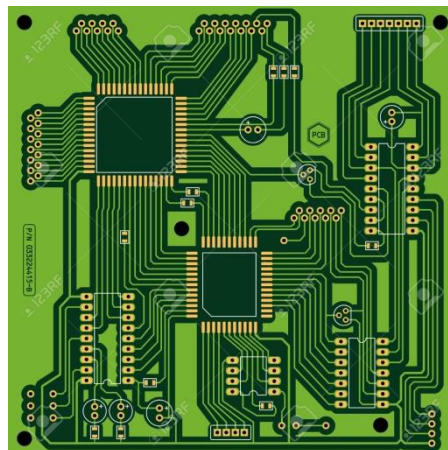


Figura 4.31. Ejemplo de un circuito en placa PCB

- Se pueden usar componentes SMD en PCBs: Un dispositivo SMD es imposible colocarlo en protoboard ya que son chips muy pequeños y la distancia entre las patas de estos dispositivos es también muy pequeña, por tanto no entran en los huecos de la protoboard, y es precisamente uno de los factores por el cual se emplea la PCB.

Los SMD son dispositivos de montaje superficial, de distintos tipos como resistores, capacitores, bobinas, cristales, transistores o diodos hasta circuitos integrados, que dependen de su encapsulado.



Figura 4.32. Ejemplos de componentes SMD

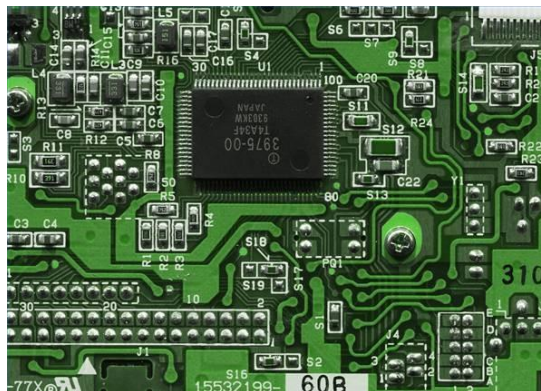


Figura 4.33. Conjunto de componentes SMD incorporados a una placa PCB.

4.1.16. Conjunto cámaras de visión

Para poder garantizar la visión de la posición de las bolas en el terreno de juego se ha decidido implementar un conjunto compuesto por una unidad de control, que será capaz de hacer un procesamiento de imágenes, proporcionadas por dos cámaras.

La unidad de control es la SBRD-Q de la marca FESTO, es un controlador de cabezal remoto con un procesador potente (Dual-Core) e interfaz PROFINET, diseñado especialmente para la multicámara. Con las dos interfaces de cámara realiza inspecciones desde varias perspectivas o comprobaciones en grandes campos visuales, enviándolas a la unidad de control que procesa distintas características de verificación según el objetivo de aplicación: longitud, altura, área, situación del centro de gravedad, aspecto en color o gris, redondez, etc.

Las cámaras son las SBPB, ligeras y ultracompactas con USB producen imágenes en color y monocromo. La resolución de estas cámaras es de hasta 5 megapíxeles. El software de edición de imágenes empleado, es el Camera Configuration Studio (CCS), de fácil manejo y muy intuitivo.



Figura 4.34. Conjunto de controlador y cámaras para el tratamiento de imagen (visionado).

4.1.17. Integración brazo (componentes)

Para seleccionar los elementos que compondrán el brazo se ha procedido a integrarlos del proyecto de Gerard Aceña Pineda, y título *"Billardor, Diseño de un prototipo de brazo robotizado para disparador mecánico"*, para los cuales se ha hecho un previo análisis para poder proceder a realizar el conexionado en su apartado correspondiente.

Los elementos seleccionados son:

- 2 Motores MAC050
- 1 Motor MAC095
- 3 Frenos MAB23X-90
- 3 Reductores HTRG05N100MHN23106J
- 3 módulos de expansión MAC00-B4.

Se ha sustituido el módulo de expansión del R4 al B4 ya que en el proyecto mencionado, propone hacer una conexión con el bus RS232, que por el contrario se ha desestimado al realizar un bus RS485 y por sus características, que encajan mucho mejor con el modelo B4.

También se ha incorporado el tipo de cable:

- M12 PWR
- M12 COM2
- M12 RS485

Se han cambiado dos tipos de cable al pasar a utilizar el bus RS485 y el módulo de expansión MAC00-B4. El cable del COM2 se ha añadido debido a que el módulo de expansión seleccionado posee el conector COM2 para hacer la comunicación con el bus RS485. Además se emplea el cable M12 RS485-1-5-5 debido a que los conectores del módulo de expansión son de 5 pines y el único cable se adecua a este módulo.

Las especificaciones técnicas de estos elementos se encuentran en el Anexo A3 Fichas técnicas del brazo.

4.1.18. Integración motor percutor.

Para poder integrar el sistema del percutor se ha realizado un estudio previo que modificará el componente referente a esta incorporación. Debido a que el motor requerido por el proyecto del percutor que incorpora el proyecto de percutor (Autor: Alex Pagán Montero, y título *"Billardor, Disseny d'un disparador de boles de billar mitjançant resort"*), posee un consumo elevado, y según el estudio que plantea para seleccionar el motor, que únicamente pone como objetivo que tenga un par motor de 0,2 Nm y 1000 rpm, se ha decidido buscar otro motor que cumpla con las mismas características pero con un consumo inferior.

Como resultado de esa búsqueda se empleará un motor parecido al del brazo, el motor MAC 095, junto con un reductor (HTRG05N100MHN23106J) para que pueda reducir la velocidad, ya que el motor MAC 095 da un par de salida de 0,22Nm y una velocidad de 2000rpm. Otra de las mejoras es que se alimentan a 24V, y para conectar con el Arduino se utilizará el módulo de expansión MAC00-B4 para emplear la interfaz RS485. Incluso se puede unir al mismo MAX485 que los componentes del brazo ya que utiliza el mismo protocolo.

4.1.19. Sistema de protección

Para poder garantizar la protección, se colocarán fusibles para evitar picos de corriente en el momento de arranque de los motores y así evitar dañar los controladores.



Figura 4.35. Ejemplo del tipo de fusible empleado.

Al disponer de distintos motores con distintos arranques, se requerirán diferentes fusibles.

Tipo de motor	Cantidad	Pico de corriente en el arranque	Fusible asignado	Cantidad de fusibles
Nema 24	4	4 A	5 A	4
MAC050	2	6 A	10 A	2
MAC095	2	12 A	15 A	2

Figura 4.36. Tabla de selección de fusibles según los picos de corriente.

4.1.20. Cableado eléctrico

El conjunto de cableado eléctrico del prototipo se basa en hilo de cobre, como resultado de sus propiedades como conductor, como su baja resistividad eléctrica, resistencia a la tracción y generalmente es el más usado.

En función del dispositivo que hay que conectar, se emplea una forma de cables tipo multipolar (manguera con un conjunto de cables en su interior, con sus respectivos aislamientos) o uno unipolar.

El cable multipolar elegido es el RCT-LiYCY, es un cable indicado para instalaciones que requieran de protección electromagnética para evitar corrientes parasitarias. Poseen una gran flexibilidad lo que les hace indicados para instalaciones complejas y de gran dificultad. Son empleados en aplicaciones de control e instrumentación, como en sistemas de comunicación de datos, control y señal en electrónica y en sistemas informáticos.

Las secciones presentadas por el fabricante van desde 0,5 mm² hasta los 0,75 mm², permitiendo seleccionar un conjunto de cables internos que van de los 2 cables hasta los 36 cables, para ambas secciones. También soporta tensiones entre 300- 500V y es resistente a temperaturas hasta 70°C.



Figura 4.37. Cable multipolar tipo RCT-LiYCY.

El cable unipolar utilizado es el RCT-H07V-K, es adecuado para la realización de cuadros eléctricos de control y alumbrado doméstico e industrial. Son de fácil instalación gracias a su gran flexibilidad y aislamiento superdeslizante. Algunas de sus aplicaciones son las instalaciones eléctricas en caravanas y parques de caravanas, en instalaciones interiores o receptoras, en locales con riesgo de incendio, entre otras.

Las secciones a elegir, mostradas por el fabricante van desde $1,5\text{mm}^2$ hasta los 240mm^2 . Este tipo de cable puede soportar tensiones de entre 450-750V y es resistente a temperaturas hasta 70°C .



Figura 4.38. Cable unipolar modelo RCT-H07V-K.

El tipo de sección para los cables empleados, al ser tan pequeña es utilizado para corrientes bajas, ya que la sección de dichos cables depende de la corriente que tienen que soportar. Es decir a mayor corriente más grande debe ser la sección, a continuación se muestra una tabla para algunas de las secciones.

Sección de Cable	Intensidad Máxima
0,5 mm ²	6 A
0,75 mm ²	9 A
1 mm ²	11 A
1,5 mm ²	14 A
2 mm ²	16 A
2,5 mm ²	20 A
4 mm ²	28 A

Figura 4.39. Tabla que relaciona sección del cable con respecto a la corriente máxima que soporta.

Otro tipo de cable que se ha utilizado el cual es bastante importante, es el cable para el bus RS485. El cable escogido es el POS-CY 250V CPR de baja capacidad, apantallado para la transmisión de datos, está diseñado para el uso en procesos industriales donde se requiera cierta protección frente a interferencias electromagnéticas y es apto para protocolos como el RS485, el RS232 y el RS422.

Las distintas secciones proporcionadas por el fabricante van desde 0,22 mm² hasta los 0,5 mm², que pueden contener desde un conductor hasta ocho posibles.



Figura 4.40. Cable especial para bus RS485, modelo POS-CY 250V CPR.

También se precisa de un cable especial para la conexión de la Raspberry Pi con la cámara, el cable establecido para dicha tarea es el AWM 20624 80C 60V VW-1, un multicable plano.



Figura 4.41. Cable AWM 20624 80C 60V VW-1

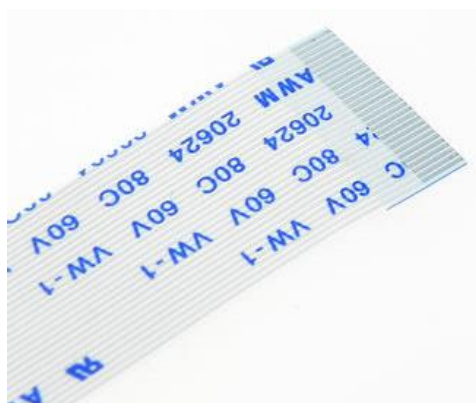


Figura 4.42. Cable AWM 20624 80C 60V VW-1

4.1.21. Resistencias

Para la realización del prototipo se han requerido de un conjunto de cinco resistencias con una película metálica, con valores normalizados de la serie E-96, con un 1% de tolerancia. Se han usado 2 resistencias para el divisor de tensión mencionado previamente, de $107\text{K}\Omega$ y de $22,1\text{K}\Omega$. También se ha empleado otra de 120Ω para el bus RS485, y se emplean las resistencias de $1\text{K}\Omega$ y $100\text{K}\Omega$ para el sistema de ventilación.



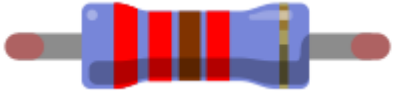


Valor de la resistencia	Código de colores
120Ω	
$1\text{K}\Omega$	
$22,1\text{K}\Omega$	
$100\text{K}\Omega$	
$107\text{K}\Omega$	

Figura 4.43. Tabla de resistencias empleadas en el proyecto.

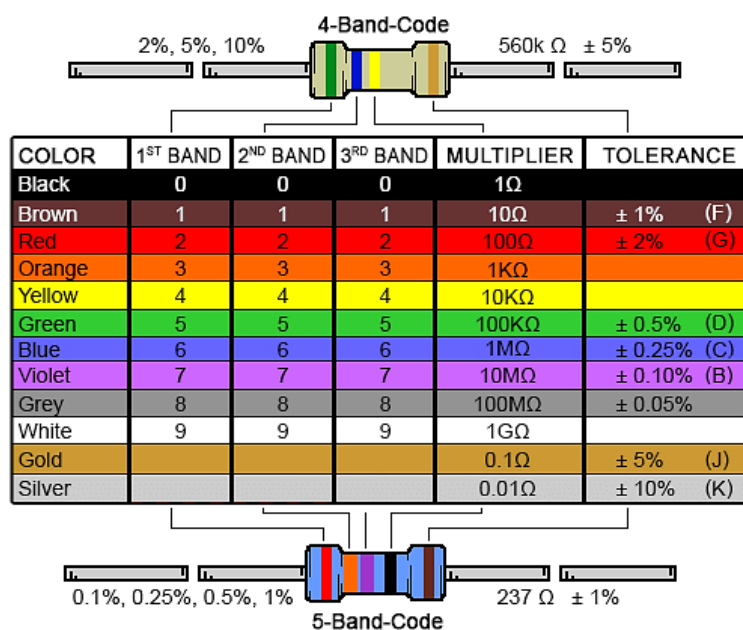


Figura 4.44. Tabla de relación de colores y tolerancias de las resistencias.

4.1.22. Conector Jack

Se requiere de un conector Jack de 5,5 x 2,1 mm que pueda conectarse con Arduino y que además tenga entrada para conectar los cables procedentes del regulador (convertidor) de tensión.



Figura 4.45. Imagen de conector Jack para la alimentación del Arduino.

5. Conexionado y cables empleados:

Una vez concretados los elementos del proyecto pasamos a proceder al conexionado de tal forma que se pueda tener un prototipo funcional.

Para poder realizar el conjunto de dichas conexiones se han empleado tres programas de diseño electrónico:

- Fritzing : para diseñar el conjunto del conexionado.
- Inkscape: el inkscape es un programa de edición y diseño de componentes, es decir se asemeja al programa conocido como ilustrator. Salvo que este programa puede ejecutar los archivos del programa fritzing y guardarlos, para posteriormente poder editar cualquier componente del fritzing y/o añadir nuestro diseño para crear otro tipo de componente.
- SmartDraw 2019: el cual se ha utilizado para diseñar los planos.

Debido a no disponer de todos los elementos de este proyecto en los programas de diseño se han tenido que crear e introducir de nuevo los componentes inexistentes en dichos programas.

Para poder hacer una explicación más detallada, se expone a continuación una lista de los componentes electrónicos empleados en el prototipo:

- Arduino Mega 2560
- Raspberry Pi Modelo 3B +
- Batería (dos baterías en serie de 12V cada una)
- Pantalla táctil de 5"
- Sensores infrarrojos de 2 - 15cm.
- Sensores infrarrojos de 20 - 150cm.
- Divisor de tensión con resistencias de 120K Ω y 22K Ω .
- Convertidor reductor (24-12V).
- Max485.
- Controlador TMCM-1161(x4)
- Motores Nema (x4)
- Indicador de estado de batería.
- Relé SRD-24VDC.
- Resistencias de 120 Ω .

El sistema de alimentación está formado por dos unidades independientes conectadas en serie de tal forma que pueda generar una tensión de 24V y con ello alimentar a todo el circuito.

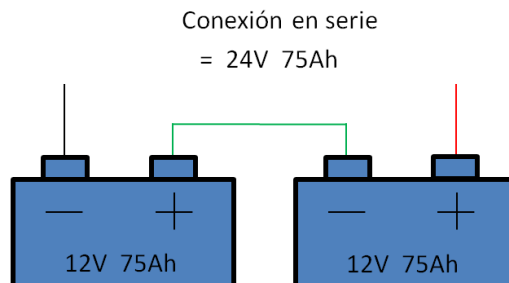


Figura 5.1. Conexión en serie de las baterías.

Una vez constituido el bloque de alimentación este conjunto deberá ir conectado al interruptor general que conectará con el convertidor reductor, el relé, el divisor de tensión y el indicador de batería.

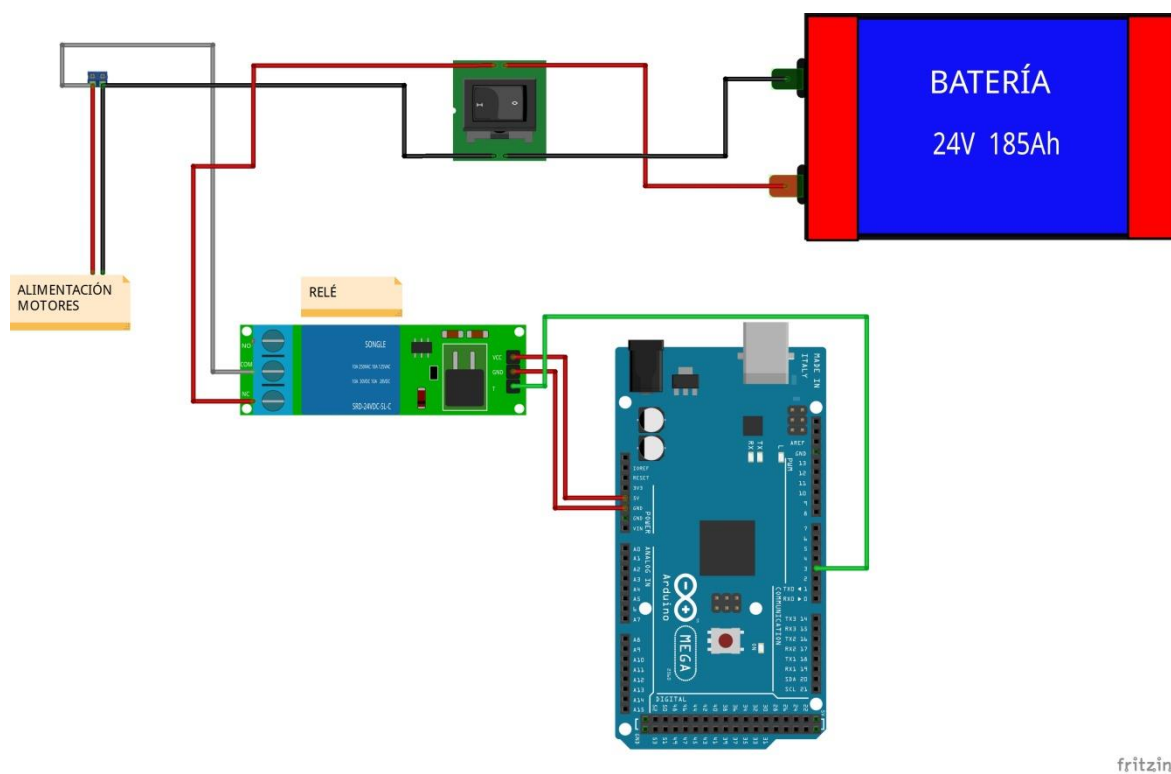


Figura 5.2. Esquema de conexión del sistema de alimentación junto con el divisor de tensión.

Se emplea el convertidor reductor que alimentará la unidad central (Arduino) ya que requiere de 7-12V para alimentarse, y a través de este alimentar la Raspberry por el conector USB con 5V.

El divisor de tensión será el que controlará el descenso del nivel de carga de la batería y enviará a través del pin analógico del Arduino la información del estado de ésta. Posteriormente en función de dicha cantidad de carga de la batería volver al punto de inicio para recargar el prototipo.

El divisor de tensión como se ha mencionado anteriormente está compuesto de dos resistencias una de 120 K Ω y otra de 22 K Ω . Debido a que el propio divisor de tensión, al estar enviando información de la batería al microcontrolador, el operario no puede saber realmente la cantidad de carga de la batería y es precisamente por este motivo que se ha decidido incorporar un indicador de batería, de tal forma que pueda indicar el estado de la misma de forma visual, facilitando al operario la información del estado de carga de la misma.

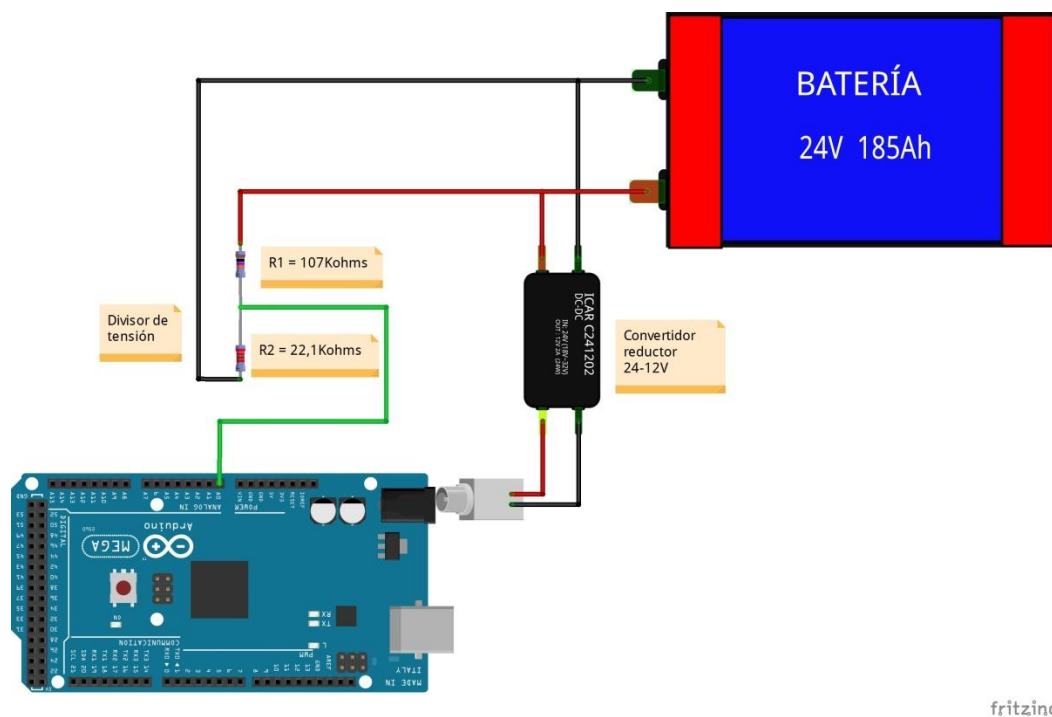


Figura 5.3. Esquema de conexión del sistema de alimentación junto con el divisor de tensión.

La decisión de incorporar un relé es para evitar que los motores se pusieran en marcha de forma inesperada al poner a recargar la batería del prototipo.

Debido al riesgo de daños imprevistos y accidentales en el momento de recarga de la batería, el prototipo se encuentre en la zona de carga, el Arduino desconecte el flujo de corriente que llega a los motores, facilitando correctamente la recarga.

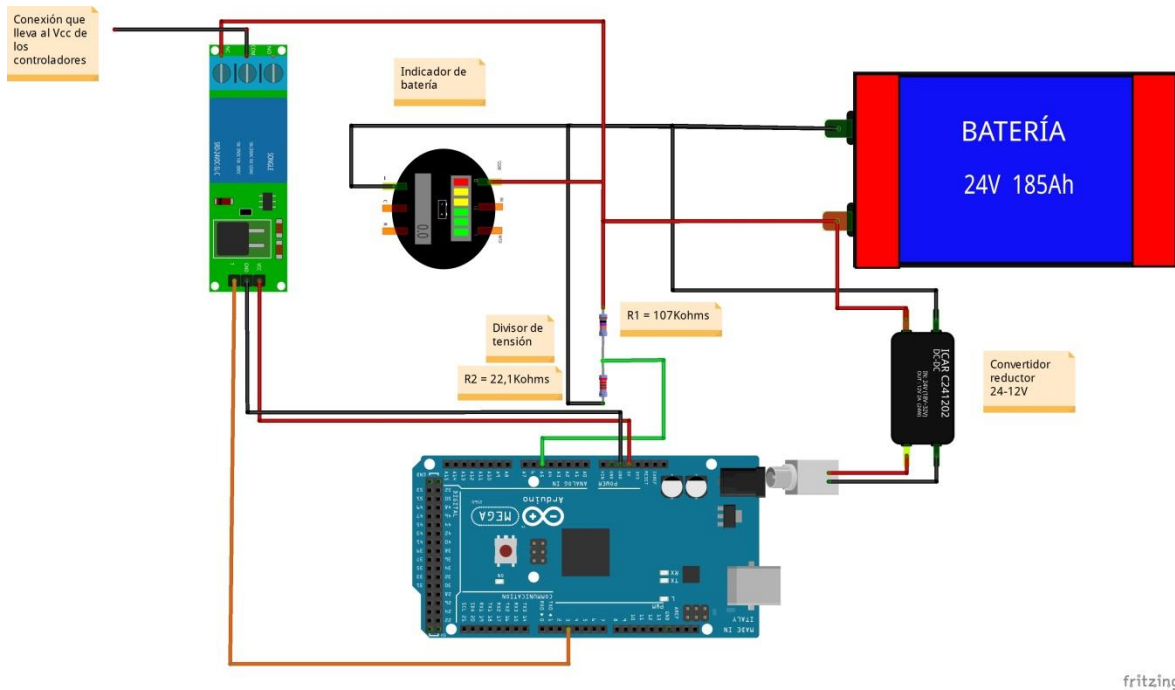


Figura 5.4. Esquema de conexión de alimentación que proporciona la batería.

Ya que se ha referenciado a la Raspberry Pi (modelo 3B+), para poder conectar la pantalla táctil que tendrá el prototipo, esta se deberá conectar a la mencionada Raspberry Pi. A la hora de hacer la conexión entre estos dos elementos, se requiere hacer una conexión pin a pin a través del zocalo de expansión de 13x2 (pantalla táctil), que a su vez alimenta la pantalla táctil de 5" con 5V.

La Raspberry Pi Modelo 3B+ tiene un encabezado GPIO de 40 pines mientras que la pantalla HDMI tiene 26 pines de encabezado expandido. Los pines de la pantalla deben conectarse a los pines correspondientes de la Raspberry Pi.



Figura 5.5. Imagen de la Raspberry Pi con los pines GPIO utilizados.

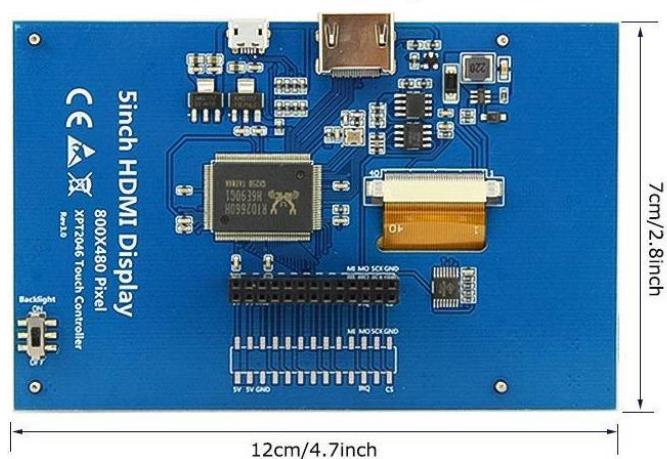


Figura 5.6. Pines y entradas de la pantalla táctil.

Los pines GPIO (*General Purpose Input Output*) son un sistema de entrada y salida de propósito general, es decir que consta de un conjunto de pines o conexiones los cuales se pueden usar como entradas o salidas para múltiples usos.

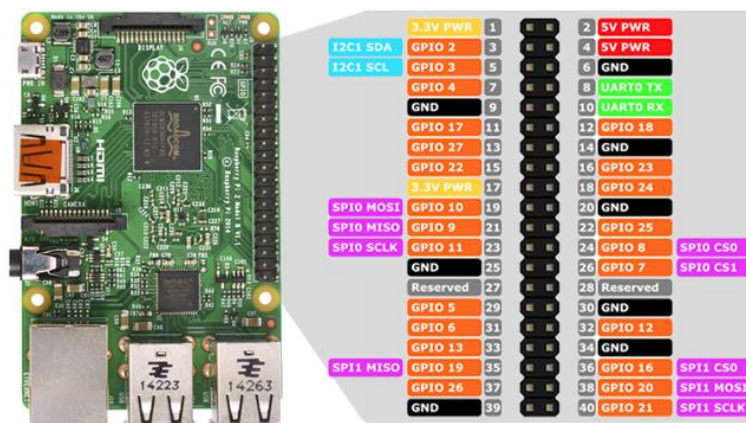


Figura 5.7. Disposición y orden de los pines GPIO.

Como los puertos que se van a comunicar con la pantalla son los primeros 26, se detalla a continuación brevemente el conjunto de colores para concretar su propósito. Se pueden observar:

- Amarillo (2): Es la alimentación a 3,3V.
- Rojo (2): Es la alimentación a 5V.
- Naranja (26): Entradas / salidas de propósito general. Pueden configurarse como entradas o salidas. El nivel alto de tensión de estas es de 3,3V y no son tolerantes a tensiones de 5V.
- Gris (2): Son pines reservados para un propósito determinado.
- Negro (8): Conexión a GND o masa.
- Azul (2): Comunicación mediante el protocolo I2C para comunicarse con periféricos que siguen este protocolo.
- Verde (2): Destinados a conexión para UART para puerto serie convencional.
- Morados (5): Comunicación mediante el protocolo SPI para comunicarse con periféricos que siguen este protocolo.

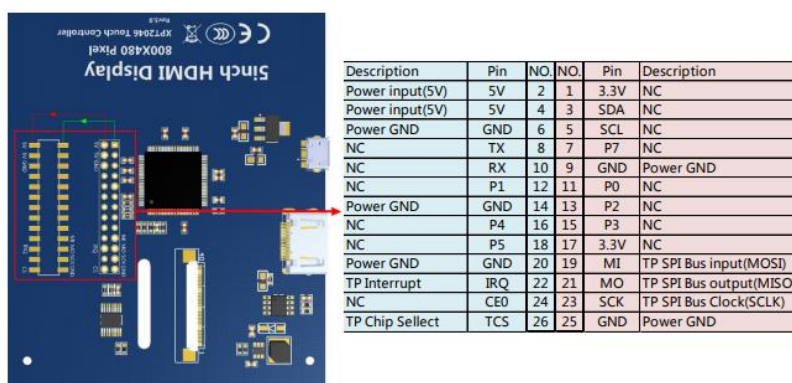


Figura 5.8. Relación de pines GPIO de la pantalla táctil.

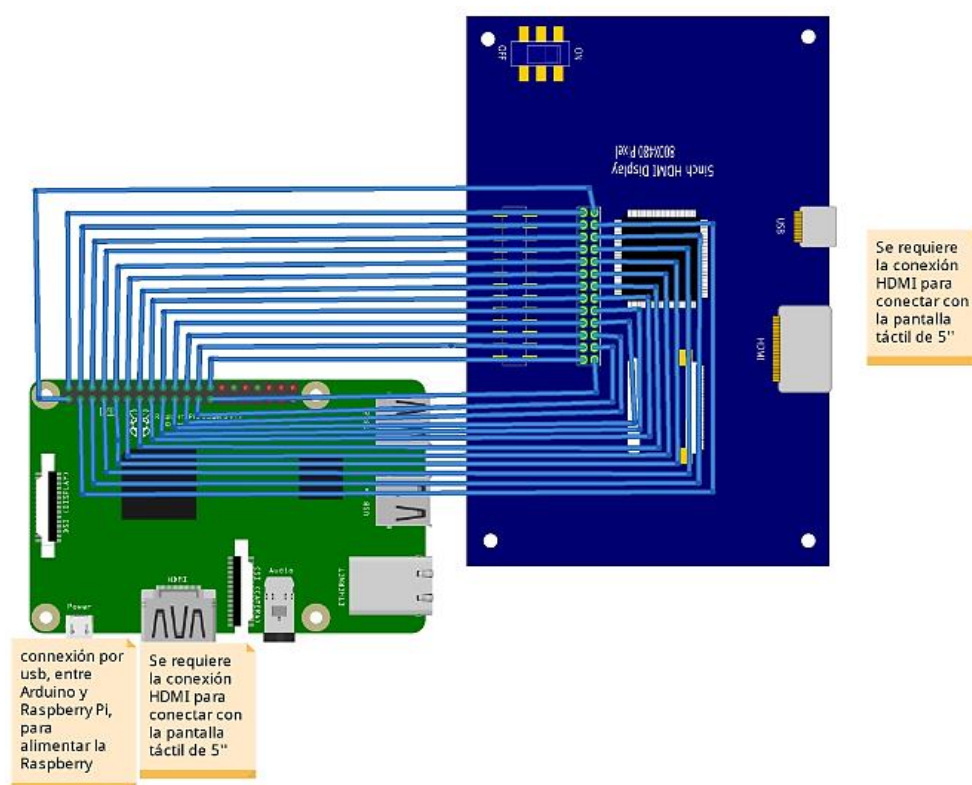


Figura 5.9. Conexión de la pantalla táctil con la Raspberry Pi.



Figura 5.10. Imagen de la conexión GPIO de la Raspberry Pi con la pantalla táctil



Figura 5.11. Imagen de la conexión de la Raspberry Pi con la pantalla táctil

También se debe conectar la pantalla y la Raspberry Pi con el adaptador HDMI especial mostrado a continuación. La pantalla también posee un interruptor situado en la parte posterior, el cual permite apagar la luz de retro-iluminación de dicha pantalla.



Figura 5.12. Conexión a través del conector HDMI.

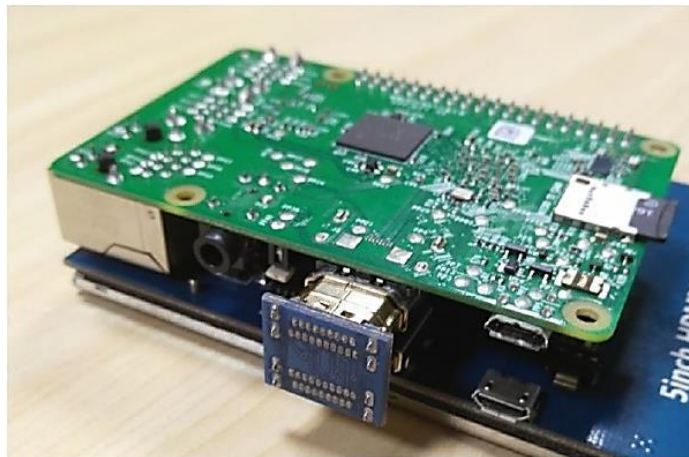


Figura 5.13. Imagen del conector HDMI vinculando la Raspberry Pi y la pantalla.

Para que el sistema de ventilación (ventilador) no esté siempre encendido se incorporará un transistor Mosfet que hará de interruptor, y estará conectado con un pin digital del Arduino que a través de este decidirá cuándo poner el ventilador en marcha o cuando no es necesario. Se dispondrá de un diodo entre los dos pines de alimentación del ventilador para evitar picos de tensión que puede generar al encender y apagar el ventilador. Este ventilador es alimentado a 12V.

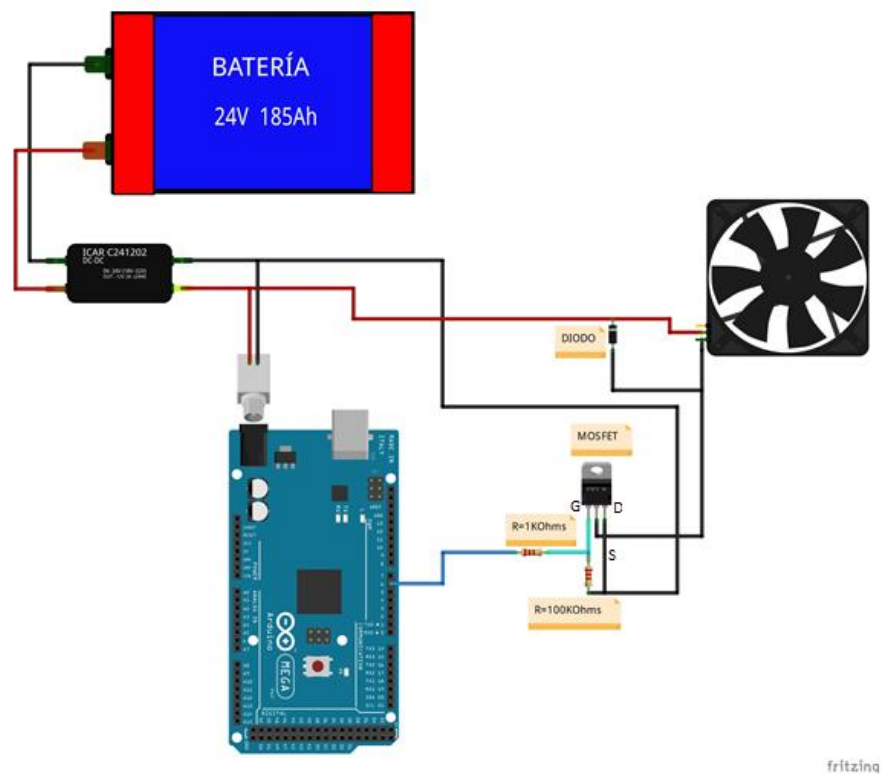


Figura 5.14. Esquema de conexión del sistema de ventilación.

Para el sistema de visión comentado previamente, emplearemos el conjunto compuesto por el controlador SBRD-Q y las dos cámaras SBPB, la conexión entre las cámaras y el controlador se realizará por medio del conector USB, y para enviar la información a la Raspberry Pi utilizaremos el conector Ethernet.

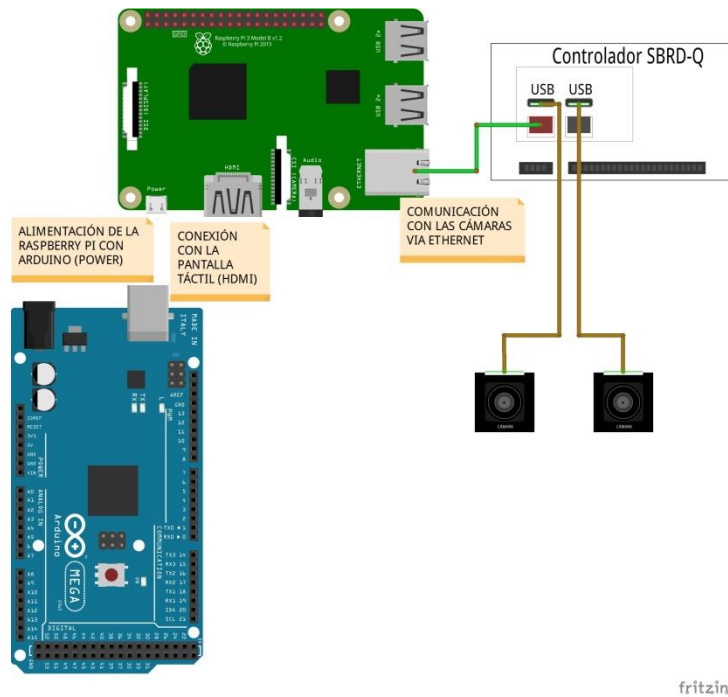


Figura 5.15. Esquema de conexión del conjunto de visión con Raspberry Pi para el tratamiento de imagen.

El conjunto de dispositivos que conforman la visión del prototipo se encuentran; para la aproximación a la mesa tenemos sensores analógicos de dos tipos distintos, los de 2-15cm y los de 20-150cm, GP2Y0A02YK0F (SHARP) y GP2Y0A51SK0F (SHARP) respectivamente.

Al ser ambos tipos sensores analógicos la conexión será la misma para todos, ya que cada uno de los dispositivos tiene tres pines (D, GND y Vcc), una servirá para la transferencia de datos al Arduino, y las otras dos pines serán las que alimentarán el dispositivo.

Para alimentar los sensores estos deberán estar conectados con los pines de +5V y GND del Arduino por medio de una PCB. Para el caso de la transferencia de datos cada pin que corresponde al envío de datos de cada sensor irá conectado a una entrada analógica distinta, de tal forma que todos los sensores tendrán una conexión a un pin analógico distinto del controlador, como se muestra a continuación:

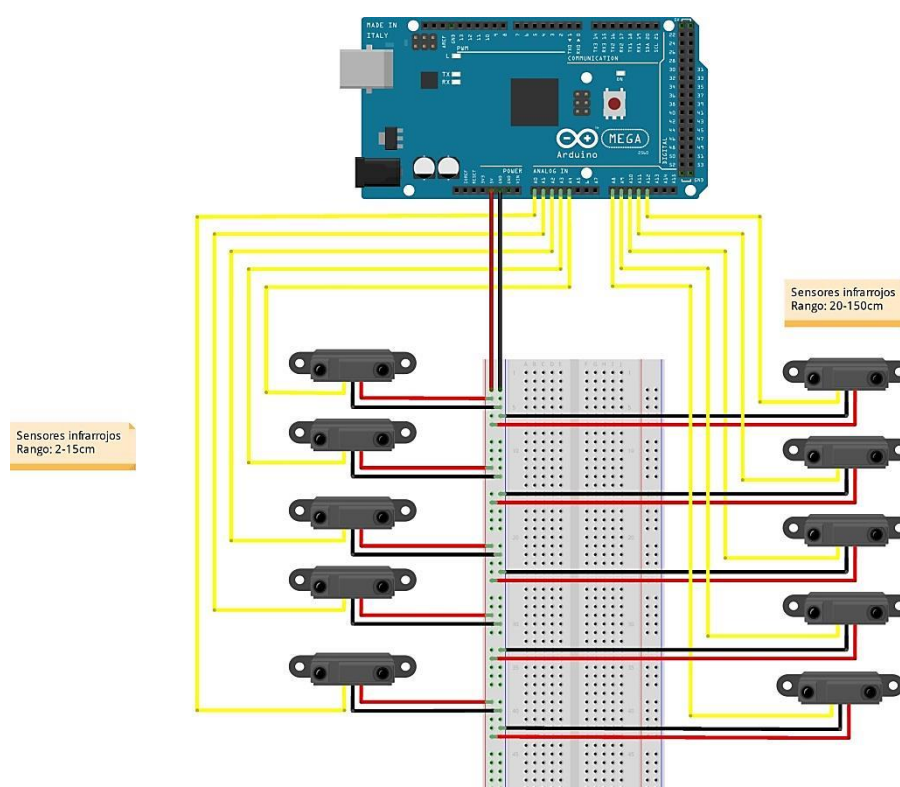


Figura 5.16. Esquema de conexión de los sensores con el Arduino.

Como se ha seleccionado un tipo de controlador muy versátil (TMC1161) para el control de los motores situados en la base, para la locomoción, se ha tenido que comprender el tipo de interfaz que utiliza y emplear el más adecuado. Los controladores trabajan con dos tipos de interfaz ya mencionadas anteriormente, y es por eso que en el caso utilizado para este prototipo y debido a la utilización de varios motores que deben ser controlados, la única interfaz que permite esta conexión múltiple es la RS485.

Para la conexión del Arduino, se ha de tener en cuenta que no se puede conectar directamente con los pines, ya que la lectura de datos es distinta, y para que el propio Arduino pueda enviar y recibir la información del controlador se requiere del integrado MAX485, el cual también posibilita la conexión múltiple con los cuatro controladores.

Para que pueda haber un flujo de información de envío y recepción de datos el MAX485 se ha conectado de forma half-duplex, con Arduino. A la hora de plantear el bus de datos se tiene que tener en cuenta que para reducir pérdidas de información y hacer más robusta la línea se deben de trenzar los cables y añadir una resistencia de $120\ \Omega$ para cerrar el bus, ya que a mayor longitud de cableado menos velocidad de transmisión de datos. Los motores usados en el prototipo son Nema 24 los cuales se han descrito anteriormente, para evitar picos de corriente se colocaran los fusibles.

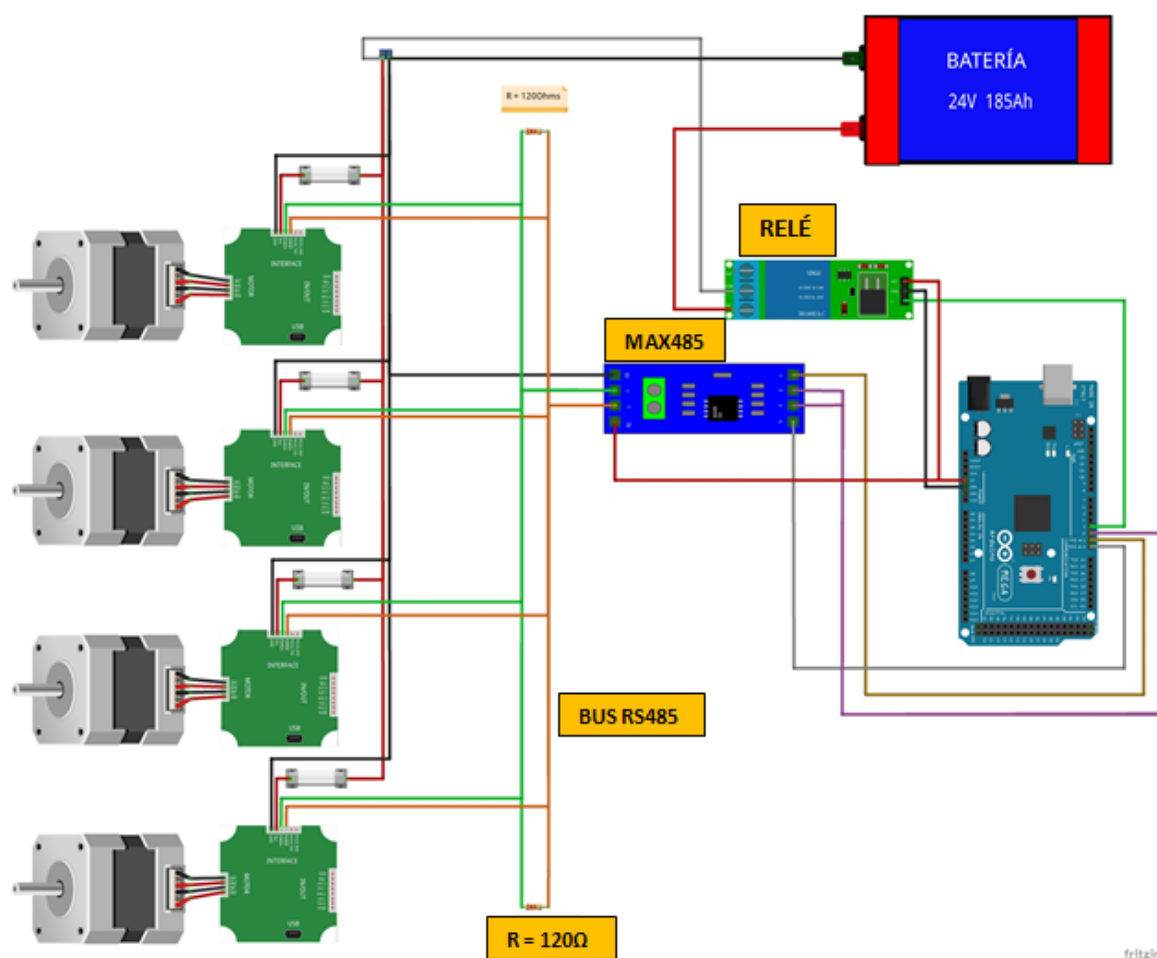


Figura 5.17. Esquema de conexión del bus RS485 con el MAX485 y Arduino (base).

La interfaz RS485 está compuesta por los cables naranja y verde que se aprecian en la imagen previa y conectan con el MAX485.

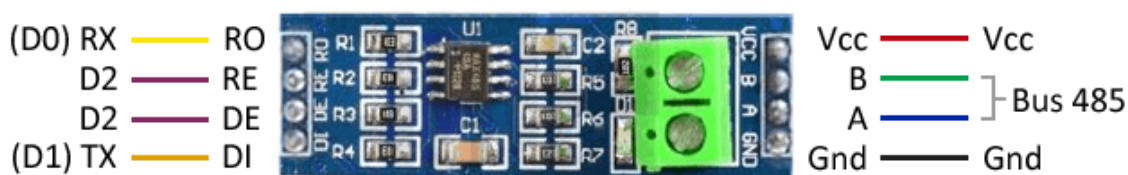


Figura 5.18. Esquema para conectar el MAX485 en half-duplex con Arduino y el bus.

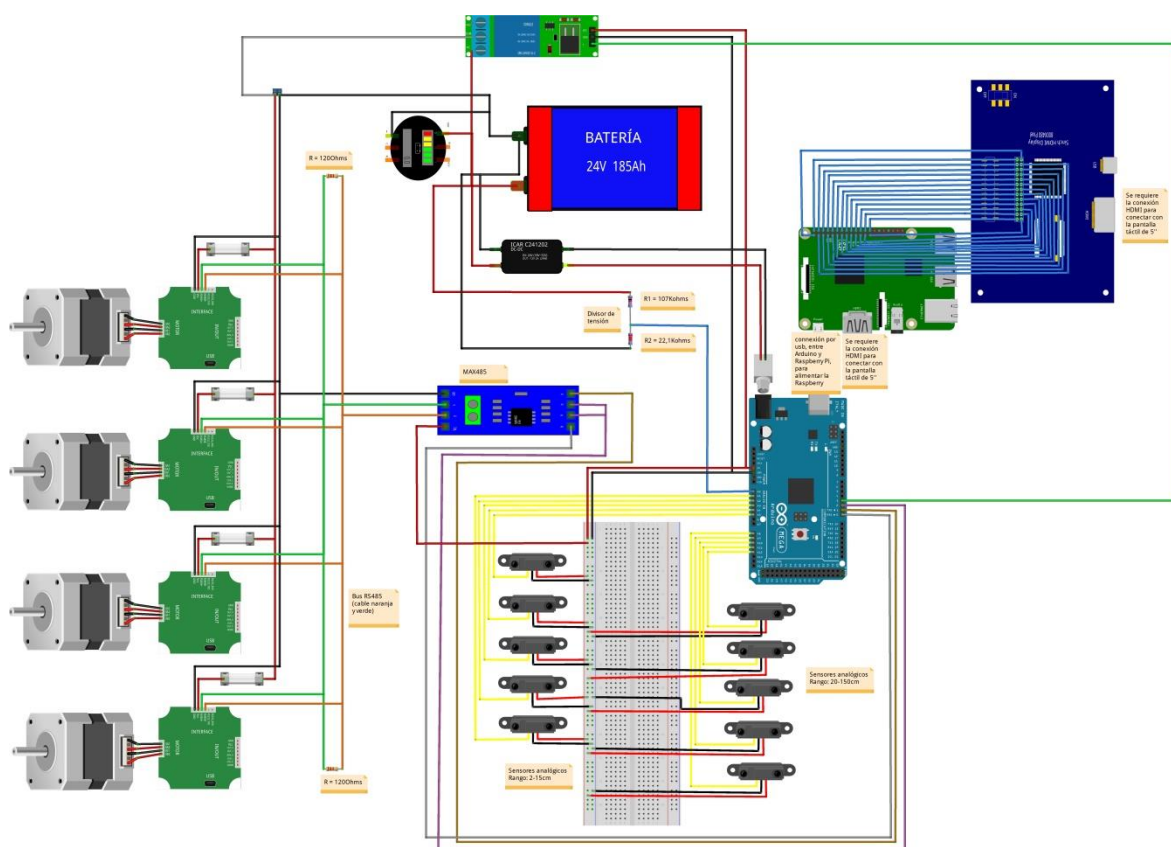


Figura 5.19. Esquema de conexión electrónica de la base y cuerpo del prototipo.

Para la conexión del brazo se empleará un nuevo bus de datos RS485, y para ello se deberá tener en cuenta que según los datos aportados por el proyecto incorporado, los elementos electrónicos forman un conjunto y para la comunicación con nuestro controlador, se debe tener en cuenta el tipo de conector a emplear ya que no será el mismo.

No se conectarán en un mismo bus los motores de la base con los del brazo ya que sus respectivos controladores emplean un protocolo distinto, y es por eso, que se ha decidido dividirlos y diferenciarlos. Mientras que los controladores de la base utilizan un protocolo TMCL-IDE, los del brazo emplean el protocolo MACTALK, pero detallar este tipo de protocolo no entra en el ámbito de este proyecto.

El brazo incorporado según la información aportada, posee tres articulaciones distintas:

- La primera consta de un motor (MAC050), un freno (MAB23X-90) y un reductor (HTRG05N100MHN23106J).
- La segunda consta de un motor (MAC095), un freno (MAB23X-90) y un reductor (HTRG05N100MHN23106J).

- La tercera consta únicamente de un motor (MAC050) y un reductor (HTRG05N100MHN23106J).

Estos elementos que componen cada una de las articulaciones se mostraran como un bloque, el cual posee un módulo de expansión MAC00-B4.

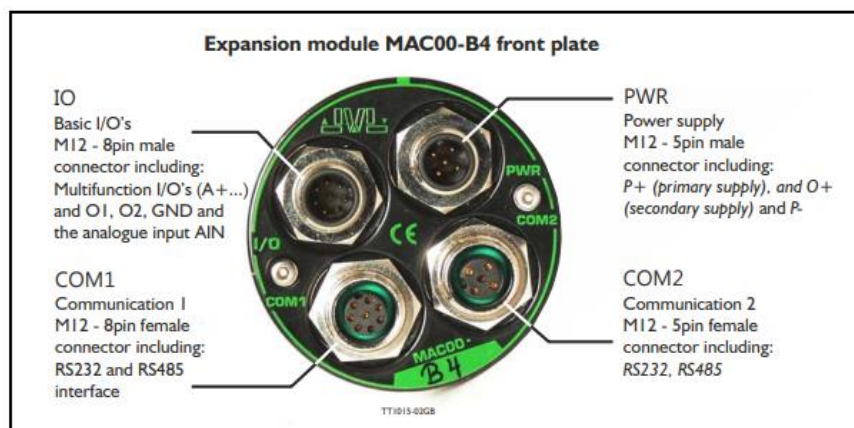


Figura 5.20. Módulo de expansión MAC00-B4.

Debido a que únicamente se emplearán dos de estos 4 conectores en el sistema creado se ha diseñado exclusivamente PWR y COM2, que serán los que utilizaremos para la conexión con el controlador. Al no requerir la conexión con los otros dos conectores, no se han diseñado.

"PWR" - Power input. M12 - 5pin male connector				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable WI1000-M12F5T05N	Isolation group
P+	Main supply +12-48VDC. Connect with pin 2 *	1	Brown	1
P+	Main supply +12-48VDC. Connect with pin 1 *	2	White	1
P-	Main supply ground. Connect with pin 5 *	3	Blue	1
O+	Output supply / Control voltage +12-30VDC.	4	Black	1
P-	Main supply ground. Connect with pin 3 *	5	Grey	1
* Note: P+ and P- are each available at 2 terminals. Make sure that both terminals are connected in order to split the supply current in 2 terminals and thereby avoid an overload of the connector.				

Figura 5.21. Tabla de conexión de pines del conector PWR.

"COM2" - Communication connector 2. M12 - 5pin female connector				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable WI1000M12 M5T05N	Isolation group
RS232 Rx	RS232 interface receive terminal. Leave open if unused	1	Brown	1
RS232 Tx	RS232 interface transmit terminal. Leave open if unused	2	White	1
RS485 B+	RS485 interface. Leave open if unused	3	Blue	1
RS485 A-	RS485 interface. Leave open if unused	4	Black	1
GND	Interface ground (same as main ground).	5	Grey	1

Figura 5.22. Tabla de conexión de pines del conector COM2.

Estas tablas mostradas se han utilizado para saber exactamente los pines con los que trabajaremos de cada conector, y ya que un conector es macho y el otro hembra se requiere saber la disposición de los pines de cada uno (5 pines tienen los conectores utilizados).

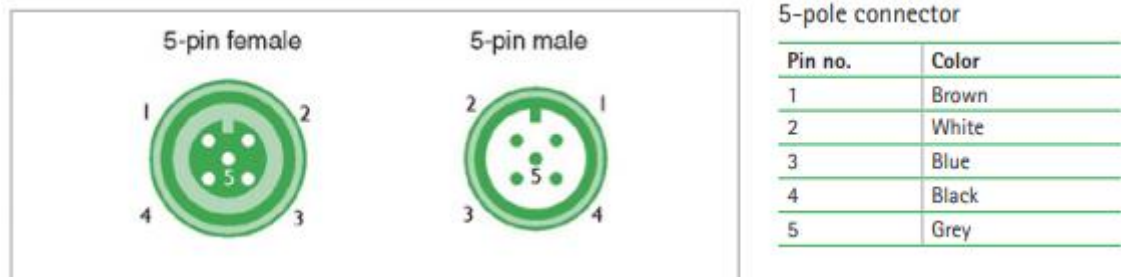


Figura 5.23. Disposición de polos del conector.

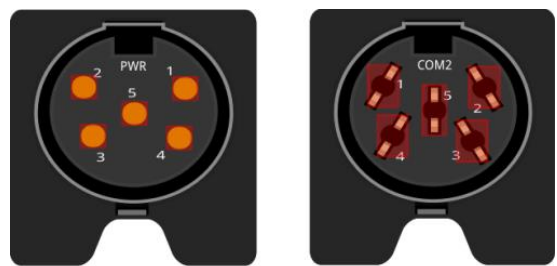


Figura 5.24. Disposición de polos del conector PWR y COM2.

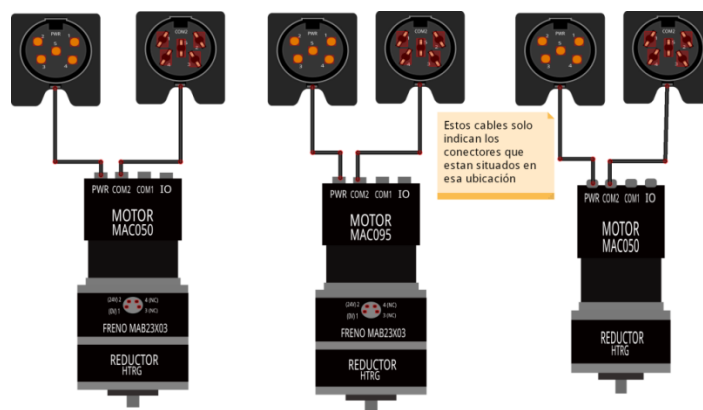


Figura 5.25. Esquema del módulo de expansión con el conjunto de motores, reductores, y frenos.

Si pasamos al diseño del bus, este es exactamente idéntico al de la base salvo que debe ser conectado a otras entradas distintas del Arduino, pero de las mismas características, es decir que se formara una conexión half-duplex y se conectara DI al pin digital 18 correspondiente a TX1, DE y RE al pin 5, y R0 al pin 20 correspondiente a RX1.

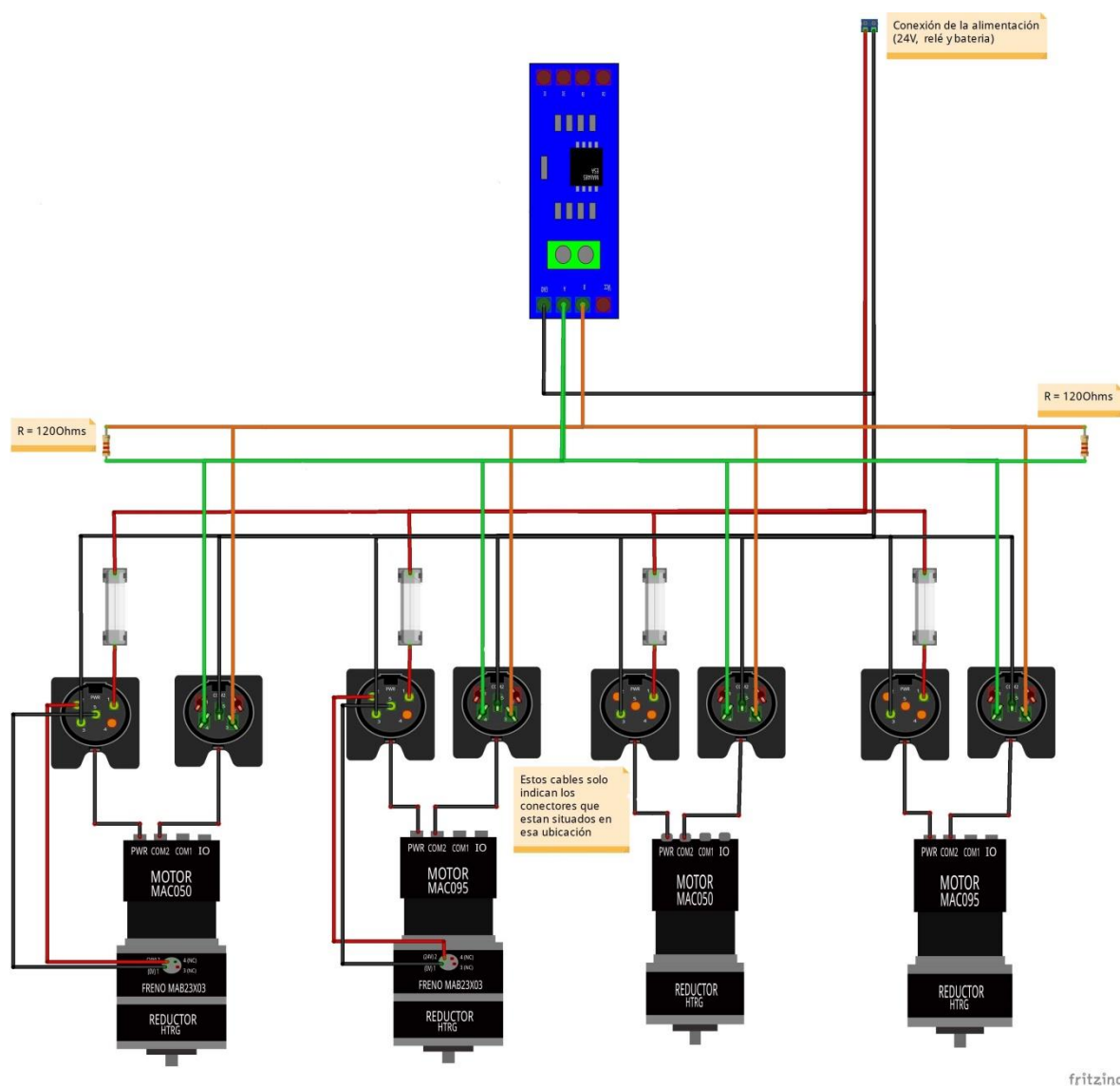


Figura 5.26. Esquema de conexión del bus RS485 con los componentes del brazo.

Las entradas RX y TX son puertos serie, RX sirve para recibir datos y TX para transmitirlos.

Sin olvidarnos del percutor, que posee un motor MAC095 y un reductor HTRG05N100MHN23106J, idénticos a los del brazo. Estos dispositivos al compartir el mismo protocolo que el sistema del brazo, pueden ir vinculados al mismo MAX485, y por tanto al mismo bus. Para poder controlar cada conjunto de elementos por separado eso ya se hará con la programación (que no es ámbito de este proyecto).

Si se añade el percutor a la figura previa el sistema quedaría tal que:

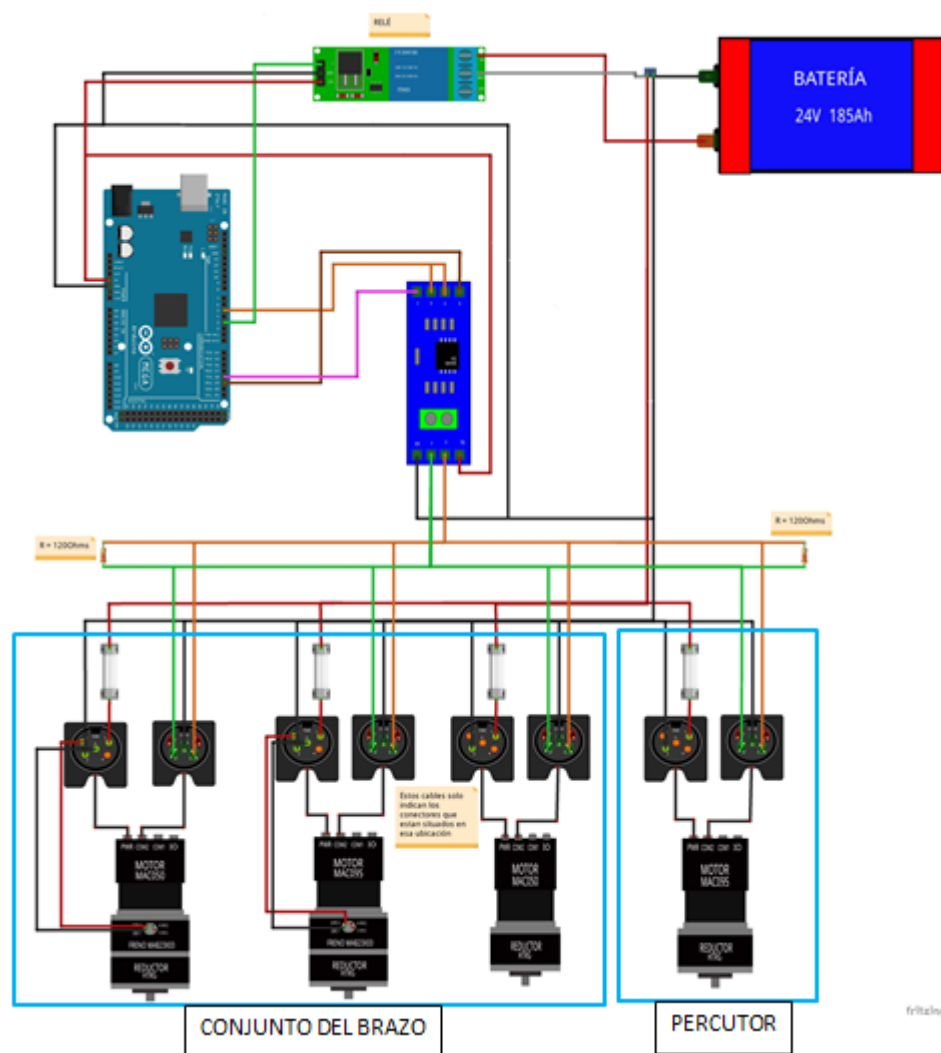


Figura 5.27. Esquema de conexión del bus RS485 de los componentes del brazo y percutor.

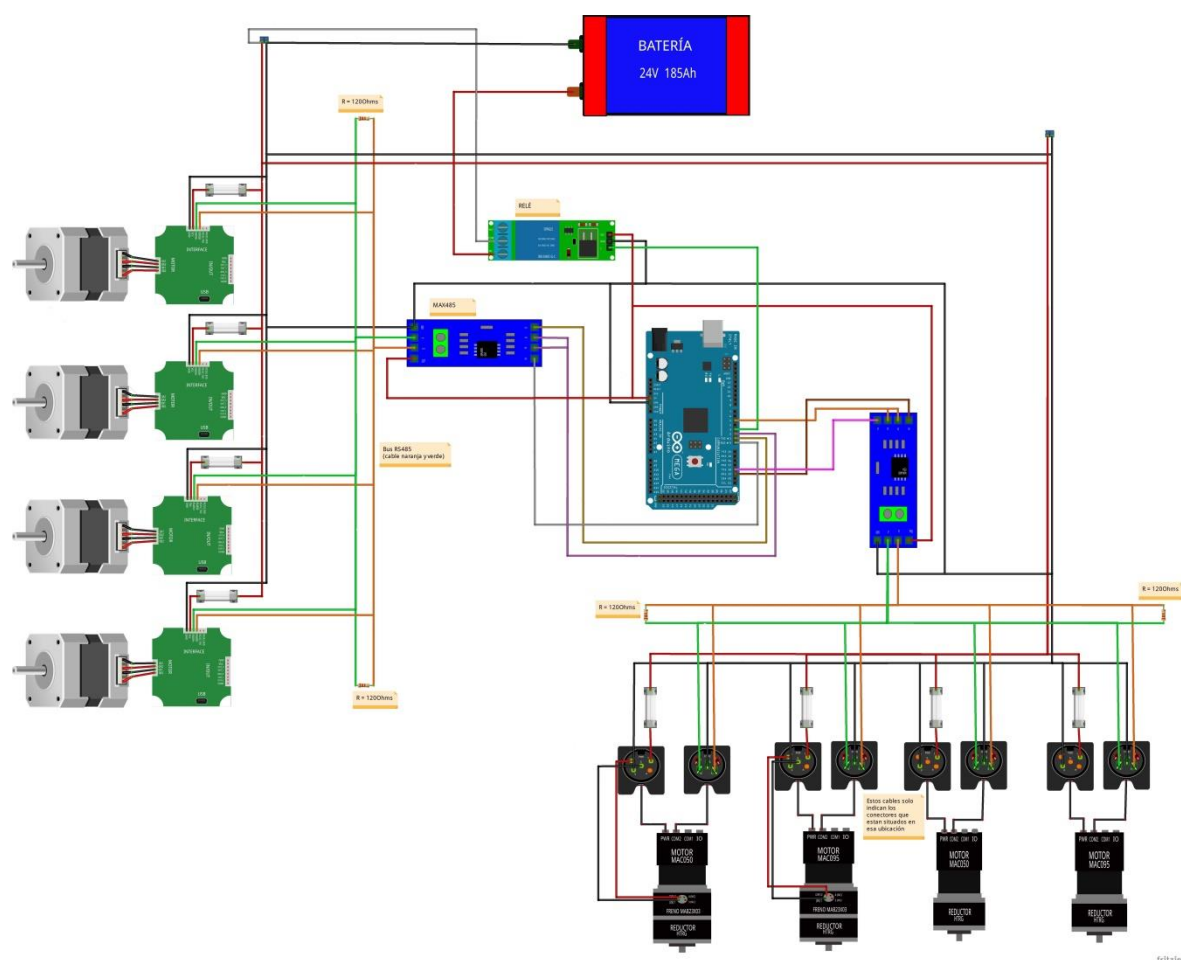


Figura 5.28. Esquema de conexión del conjunto de buses del prototipo.

Cables empleados:

El cableado previsto para los dispositivos se describe con un poco más detalle a continuación:

Las dos baterías de 12V están conectadas en serie, y para ello se requiere de pinzas ya que es la una forma segura para que entrar en contacto con los bornes de la batería con las manos. Las pinzas tendrán mangos aislados y podrán soportar corrientes de hasta 25 amperios.



Figura 5.29. Pinzas de conexión para la batería

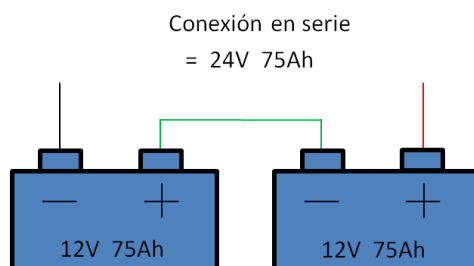


Figura 5.30. Conexión serie de las baterías

Para el cable (verde) que une el positivo de la batería izquierda con el del negativo de la derecha utilizaremos un cable tipo H07V-K de 2,5mm², los extremos del cable van unidos con las pinzas. Para el cable que va al negativo de la batería izquierda y el cable que va al positivo de la batería derecha se emplea también un cable tipo H07V-K de 2,5mm², unido a las respectivas pinzas. Estos dos cables (negro y rojo) van conectados directamente al interruptor general.

Para la salida del interruptor se conectan 4 cables para Vcc (rojos) y 4 para GND (negro) del tipo H07V-K de 2,5mm², estos van conectados a la entrada del convertidor reductor, al indicador de tensión, al divisor de tensión y también al relé.

En el caso de la alimentación de los demás dispositivos se utilizará cable tipo H07V-K de $1,5\text{mm}^2$, es decir, para alimentar los controladores, a la salida del relé, y a la salida del convertidor. En los extremos de los cables de salida del convertidor se unirán al conector Jack que va a permitir alimentar el Arduino.

Se utilizarán mangueras (multipolar) con hilos de tipo LiYCY de $0,75\text{mm}^2$ para el transporte de datos al Arduino, estos cables provienen del relé, del MAX485, de los sensores y de la salida del divisor de tensión.

Si pasamos a la interfaz RS485, esta requiere de unos cables específicos ya que están provistos de un apantallamiento que protegen de interferencias electromagnéticas. Dicho cable es el POS-CY 250V CPR y al ser multipolar contiene dos hilos de $0,5\text{mm}^2$, que constituyen el bus RS485 (un hilo es para la línea que representa el bus A y otro el B).

Por ultimo como cada sensor tiene tres salidas se emplearán un par cables de $1,5\text{mm}^2$ para la alimentación de estos y el cable de datos será de $0,75\text{mm}^2$ de sección.

Tipo de cable	Sección empleada
RCT H07V-K	$2,5\text{mm}^2$
	$1,5\text{mm}^2$
RCT LiYCY	$0,75\text{mm}^2$
POS-CY 250V CPR	$0,5\text{mm}^2$

Figura 5.31. Tabla de los tipos de cables empleados en la base y cuerpo del proyecto.

6. Cálculos:

6.1. Cálculo estimado del par motor para la locomoción:

Para hacer un cálculo estimado del par que necesitarán los motores que componen la base de locomoción se ha supuesto un peso del robot de en torno a 200 Kg que se repartirán entre 4 ruedas propuestas, que permitirán la estabilización del robot.

Si estimamos que la velocidad media del desplazamiento del robot es de 1m/s:

$$\frac{1m}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1km}{1000m} = 3,6 km/h \quad (\text{Eq. 6.1})$$

Si deseamos que para hacer una aceleración (a) desde el reposo hasta 3,6 km/h lo haga en unos 6 segundos. Debemos calcular dicha aceleración para poder aplicar la segunda ley de Newton:

$$F = m * a \quad (\text{Eq. 6.2})$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{1m}{s}}{6s} = 0,6 \frac{m}{s^2} \quad (\text{Eq. 6.3})$$

Como el peso del robot está repartido entre las cuatro ruedas, entonces la masa será de 50Kg. Por lo tanto la fuerza (F):

$$F = \frac{200Kg}{4 \text{ ruedas}} * \frac{0,6m}{s^2} = 30N \quad (\text{Eq. 6.4})$$

Para poder calcular dicho par (τ) deberemos tener en cuenta el radio de las ruedas, que en este caso son de 152,4mm de diámetro, donde el radio (r) es la mitad, de 76,2mm.

$$\tau = F * r \quad (\text{Eq. 6.5})$$

$$\tau = 30N * 0,0762m = 2,286Nm \quad (\text{Eq. 6.6})$$

Por tanto el par motor requerido para cada uno de los motores que componen la locomoción es de 2,286Nm.

6.2. Divisor de tensión para control de estado de la batería:

Como bien se ha comentado en el apartado de componentes seleccionados, para realizar el cálculo de las resistencias deberemos estimar el valor de las resistencias a partir de las premisas de que requerimos saber:

- La tensión de los pines de entrada analógicos del Arduino (5V).
- La tensión máxima que admite cada batería (14,40V).

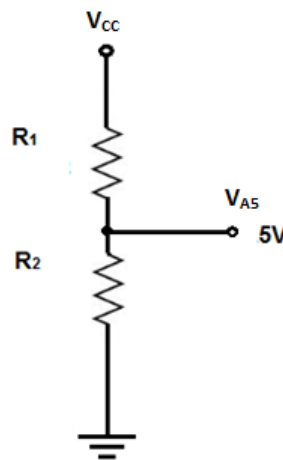


Figura 6.1. Divisor de tensión para el control del estado de la batería.

Teniendo en cuenta que cuando hacemos un divisor de tensión tendemos a calcular la tensión que en este caso sería V_{A5}, para este caso ya tenemos un valor que entenderemos como máximo y que no debemos sobre pasar en ningún caso.

$$V_{A5} = \frac{V_{CC} * R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Eq. 6.7})$$

Entonces si V_{CC} = 28,80 y V_{A5} = 5V aproximadamente tal y como se muestra en la Eq. 6.1. Los 5V son los proporcionados por el pin de salida de 5V del Arduino.

$$5V = \frac{28,80V * R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Eq. 6.8})$$

$$5V * (R_1 + R_2) = 28,80V * R_2 \quad (\text{Eq. 6.9})$$

$$\frac{5V * (R_1 + R_2)}{R_2} = 28,80V \quad (\text{Eq. 6.10})$$

$$\left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right) = \frac{28,80V}{5V} \quad (\text{Eq. 6.11})$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{28,80V}{5V} - 1 \quad (\text{Eq. 6.13})$$

$$R_1 = 4,76 * R_2 \quad (\text{Eq. 6.12})$$

Una vez sustituimos los valores a la Eq.6.1. apreciamos que aislando las dos incógnitas e igualándolas de R1 y R2, nos da que R1 será 4,76 veces mayor que R2.

Entonces se seleccionará una resistencia R2 como resistencia de prueba y después R1 con un valor aproximado de 4,76 veces el valor de R2, pero en este momento el valor es un número aproximado porque seleccionaremos valores normalizados de resistencia en el mercado.

Si seleccionamos una R2 de 22,1kΩ que podemos encontrar normalizada en el mercado y con 1% de tolerancia, entonces para encontrar el valor de la resistencia R1 se debe de multiplicar por 4,76, al hacerlo vemos que nos da un valor de 105,196kΩ, el problema es que el valor de esta resistencia no la encontramos normalizada en el mercado, por lo tanto, seleccionamos una de tamaño más grande y con 1% de tolerancia, en este caso 107kΩ.

$R_1 = 107K\Omega$
$R_2 = 22,1K\Omega$

Si se hace el proceso al revés, es decir a partir de los valores de resistencia seleccionados podemos ver que haciendo el divisor de tensión el valor de V_{A5} obtenemos:

$$V_{A5} = \frac{V_{cc} * R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Eq. 6.14})$$

$$V_{A5} = \frac{28,80 * 22100}{107000 + 22100} = 4,93V \quad (\text{Eq. 6.15})$$

A partir de la Eq. 4.10 obtenida, la tensión máxima que recibirá el Arduino en su entrada analógica es de 4,93V siendo un valor que está por debajo de los 5V máximos exigibles en la entrada analógica y por lo tanto valores de resistencia adecuados.

6.3. Cálculo de duración de la batería

Para poder seleccionar el conjunto de baterías óptimo, que garantice el correcto funcionamiento del prototipo durante un determinado periodo de tiempo estimado de duración de las partidas, se ha realizado un cálculo previo acorde al consumo del sistema.

Previamente a iniciar el cálculo de las baterías se procede a analizar el consumo para la zona del cuerpo y la base del robot.

Elementos	Cantidad	Consumo de corriente unitario	Consumo Total
Arduino Mega 2560	1	20mA	0,02A
Raspberry Pi Modelo 3B +	1	350mA	0,35A
Pantalla táctil de 5"	1	500mA	0,5A
Sensores infrarrojos de 2 - 15cm.	5	40mA	0,2A
Sensores infrarrojos de 20 - 150cm.	5	40mA	0,2A
Convertidor reductor (24-12V).	1	2A	2A
Max485.	1	500uA	0,005A
Controlador TMCM-1161 + Motor Nema 24(x4)	4	2,8A	11,2A
Indicador de estado de batería.	1	20mA	0,02A
Relé SRD-24VDC.	1	30mA	0,03A
Ventilador Tacens Anima AF8	1	120mA	0,12A
Cámara SBPB	2	150mA	0,3A
TOTAL			14,95A

Figura 6.2. Tabla de consumo eléctrico del sistema, comprendido por la base y cuerpo del robot.

Conociendo el valor del consumo que genera el sistema sin considerar la incorporación del brazo con el percutor, es de 14,53A, y conociendo el sistema de juego, se procede a calcular:

Una vez sabemos el valor de consumo del sistema, sin el brazo con el percutor y conociendo el tipo de juego, pasamos a establecer el tiempo que queremos que este el prototipo en funcionamiento.

Para ello y según el fabricante también tendremos que tener en cuenta el tipo de batería a emplear que como bien se ha comentado previamente en el apartado de componentes seleccionados, el tipo de batería es de gel la cual permite un mayor número de ciclos de carga y descarga, antes de pasar a cambiarla. También se deberá tener en cuenta que el fabricante recomienda que los ciclos de carga y descarga sean al 60% de la capacidad de la batería, eso quiere decir que no se podrá emplear toda la energía que proporciona la batería, sino que solamente una parte, para poder prolongar la vida útil de este elemento.

Se consensua que el prototipo pudiese trabajar de forma continuada durante unas 4-5 horas aproximadamente. Por lo tanto el consumo en esas cuatro horas seria de:

$$14,95A * 4h = 59,8Ah \quad (\text{Eq. 6.16})$$

$$14,95A * 5h = 74,75Ah \quad (\text{Eq. 6.17})$$

El valor del consumo en función de las horas que ha estado en marcha se aprecia en las ecuaciones previas, pero este es el consumo únicamente para el conjunto compuesto por la base y el cuerpo del prototipo sin contemplar el consumo que puede aportar el brazo integrado al robot.

La energía que equivaldría a estas horas seria respectivamente (se multiplica por 24V porque es el voltaje de todo el sistema):

$$P = V * I \quad (\text{Eq. 6.18})$$

$$59,8Ah * 24V = 1435,2Wh \quad (\text{Eq. 6.19})$$

$$74,75Ah * 24V = 1794Wh \quad (\text{Eq. 6.21})$$

Si integramos los elementos del brazo del proyecto mencionado con anterioridad junto con el percutor, y estudiamos el consumo de este, podemos ver en la tabla siguiente el valor del conjunto.

Elementos	Cantidad	Consumo de corriente	Consumo Total
MAC050 + HTRG	2	2A	4A
MAC095 + HTRG	2	4A	8A
FRENO MAB23X-90	2	450mA	0,9A
CONECTOR MAC00-B4.	4	100mA	0,4A
TOTAL			13,30A

Figura 6.3. Tabla de consumo eléctrico del sistema, comprendido por el brazo integrado.

A partir de la tabla podemos obtener que el consumo que deriva de los componentes del brazo y percutor, este es de 13,30A. Para saber el consumo total del sistema sumaremos ambos consumos.

$$14,95A + 13,3A = 28,25A \quad (\text{Eq. 6.22})$$

Entonces si procedemos a calcular el consumo total añadiendo el brazo, estimamos que para 4-5 horas de juego es de:

$$28,25A * 4h = 113Ah \quad (\text{Eq. 6.23})$$

$$28,25A * 5h = 141,25Ah \quad (\text{Eq. 6.24})$$

Observamos que el consumo de energía por hora pasaría a ser:

$$P = V * I \quad (\text{Eq. 6.25})$$

$$113Ah * 24V = 2712Wh \quad (\text{Eq. 6.26})$$

$$141,25Ah * 24V = 3390Wh \quad (\text{Eq. 6.27})$$

A partir de estos valores pasamos a proceder a la elección del par de baterías, pero teniendo en cuenta que solo se trabajará al 60% de profundidad de descarga.

El fabricante nos proporciona distintos modelos según su consumo y voltaje necesarios, en este caso el voltaje requerido es de 12V por cada una de las baterías.

TIPO	VOLTS	CAPACIDAD C100 1,8VpC 20°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA			PESO Kg
SB12/60 A	12	60	278	175	190	19,0
SB12/75 A	12	75	330	171	236	26,5
SB12/100 A	12	100	513	189	223	36,5
SB12/130 A	12	130	513	223	223	45,5
SB12/185 A	12	185	518	274	238	62,5
SB6/200 A	6	200	246	192	275	29,0
SB6/330 A	6	330	312	182	359	47,0

Figura 6.4. Tabla de modelos de baterías según sus características.

Para seleccionar la batería óptima comprobaremos el tipo modelo que encajaría mejor dentro de las horas estimadas anteriormente, para comprobar si realmente nos servirán, ya que debemos tener en cuenta que solo podremos utilizar el 60% de capacidad, recomendada por el fabricante.

Si quisiéramos que nuestro prototipo trabajase durante cuatro horas, su consumo sería de 113Ah, y podríamos pensar en recurrir a la batería SB12/130A ya que proporciona 130Ah y nos bastaría para este consumo. Pero si nos fijamos en la recomendación de uso, el 60% no llega al consumo previsto para que pueda trabajar durante 4 horas.

$$130Ah * 24V = 3120Wh \quad (\text{Eq. 6.28})$$

$$3120Wh * 0,6 = 1872Wh \quad (\text{Eq. 6.29})$$

Como podemos observar 1872Wh (60% de capacidad de la batería de 130Ah) es inferior a la energía requerida por el prototipo que es de 2712Wh. No nos serviría, deberíamos de seleccionar la siguiente batería y volver a hacer el mismo proceso para comprobar si utilizando el 60% cumple con los requisitos.

$$185Ah * 24V = 4440Wh \quad (\text{Eq. 6.30})$$

$$4440Wh * 0,6 = 2664Wh \quad (\text{Eq. 6.31})$$

De hecho si tenemos que seleccionar el siguiente tipo de batería, pero es la energía proporcionada de 2664Wh está por debajo de los 2712Wh que necesitamos. Por lo tanto la batería seleccionada es la SB12/185 A, cumpliría para un tiempo inferior a 4h.

Si procedemos a realizar la misma consideración pero, para una duración de 5 horas (141,25Ah), procederíamos a seleccionar las SB12/185 A cuya capacidad es de 185Ah.

$$185Ah * 24V = 4440Wh \quad (\text{Eq. 6.32})$$

$$4440Wh * 0,6 = 2664Wh \quad (\text{Eq. 6.33})$$

$$141,25Ah * 24V = 3390Wh \quad (\text{Eq. 6.34})$$

Donde obtenemos un valor de 2664Wh que es claramente inferior a la demanda del circuito (3390Wh) para 5 horas, por lo tanto no sería capaz de llegar al tiempo estimado.

Como conclusión se ha decidido seleccionar la batería SB12/185 A, la cual permite trabajar de forma continuada durante aproximadamente cuatro horas.

Una vez seleccionada la batería se procede a hacer una estimación del tiempo que podría tardar el prototipo en hacer una jugada. Para ello dividiremos en pasos los movimientos que hará el robot.

Se han supuesto un conjunto de siete movimientos y/o desplazamientos:

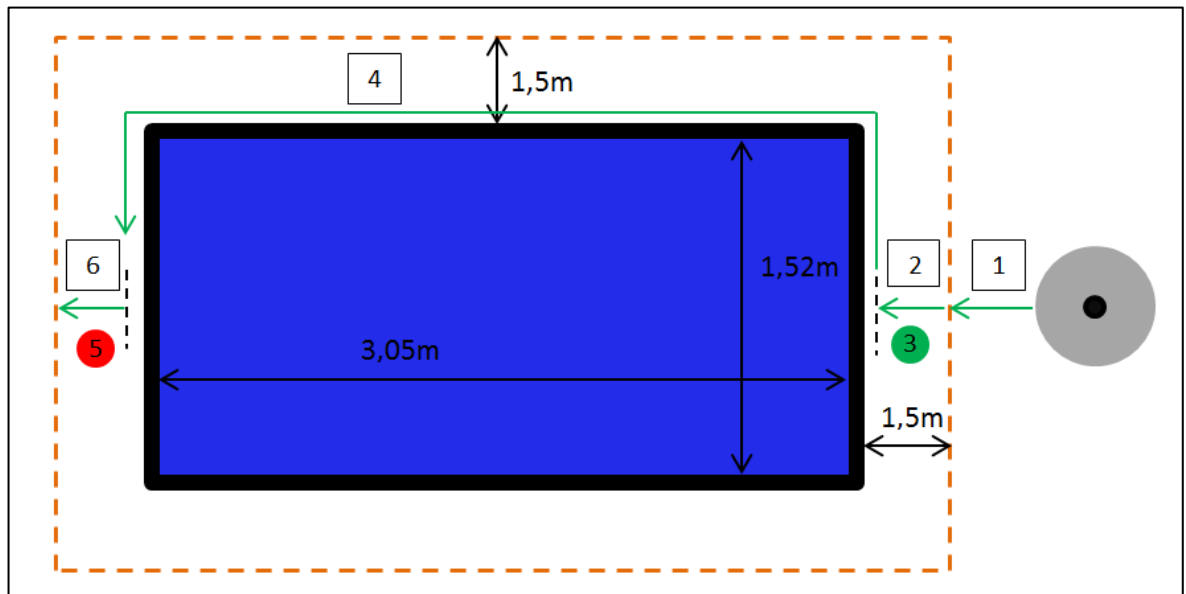


Figura 6.5. Movimientos estimados que el robot realizará para una jugada.

- 1- El prototipo sale de la zona de recarga y se aproxima al perímetro de seguridad y se detiene (Figura 6.3.), a 1,5m de distancia respecto de la mesa, también procederá a visionar la posición de las bolas con una de las cámaras.
- 2- Desde la zona de seguridad avanza y se desplaza con suavidad hacia la mesa de billar.
- 3- Se detiene enfrente de la mesa y observa la disposición de las bolas con la otra cámara situada en el percutor.
- 4- El prototipo se dirige hasta la posición de disparo seleccionado por el propio sistema.
- 5- El prototipo se coloca en la mejor posición para el disparo y lo ejecuta.
- 6- Retirada a una distancia de 1,5 m. o sea; hasta la zona de seguridad para que el siguiente jugador pueda hacer su jugada, en caso de fallo en la carambola.

En caso de acierto el robot se retirará perpendicularmente 1,5 m. de la banda de la mesa en la que haya realizado la última jugada, y volverá a repetir los pasos realizados desde el punto 2, sin necesidad de volver al punto de partida. Esta distancia es para que el siguiente jugador pueda moverse con libertad sin que el prototipo interfiera los movimientos del adversario para preparar y ejecutar su jugada.

A continuación se ha creado una tabla con valores de tiempo estimados y aproximados para cada movimiento indicado anteriormente.

Movimientos	Tiempo estimado (s)
1	10"
2	8"
3	20-30"
4	40"
5	20"
6	10"
TOTAL (Tiempo ciclo)	108"

Figura 6.6. Tabla de tiempos estimados para cada movimiento del robot.

Como se puede ver, el valor aproximado de cada jugada es de 2 min.

Planos:

Esquema del sistema de alimentación batería






















Esquema sistema de procesador

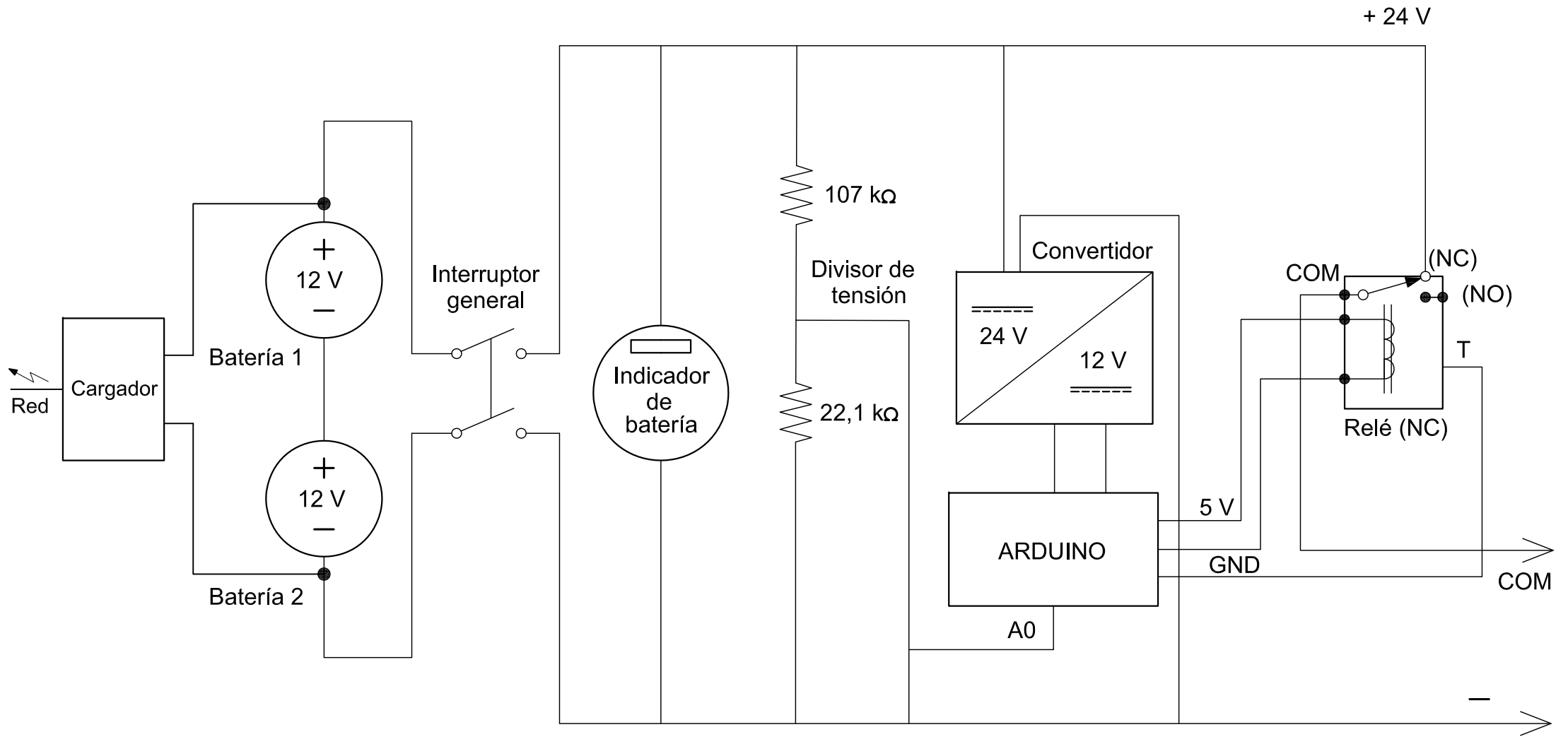
Esquema sistema de controlador

Esquema de la base (Bus RS485 (1))

Esquema del brazo y percutor (Bus RS485 (2))

NOMENCLATURA	
GND	Ground (Masa)
COM	Común (Relé)
NC	Normalmente cerrado (Relé)
NO	Normalmente abierto (Relé)
GPIO	General Purpose Input/output
CSI	Conector cámara
HDMI	Interface Multimedia de alta definición
POWER	Alimentación Raspberry PI
T	Pin detransferencia de datos (Trigger)
D (nº)	Entrada/Salida Digital
Tx1	Pin de transmisión de datos
Rx1	Pin de recepción de datos
A(nº)	Entrada/Salida Analógica Arduino
DI	Drive Input. Entrada datos.
DE	Drive Enable. Salida datos.
RE	Receiver Enable.
RO	Receiver Output
VCC	Tensión de alimentación positiva.
RS485B +	Hilo B+ Bus RS485
RS485A -	Hilo A- Bus RS485
PWR	Alimentación MAC00-B4
P1	Pin 1 del conector PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector COM2 RS485B+
C4	Pin 4 del conector COM2 RS485A-
C5	Pin 5 del conector COM2 GNS
COM2	Conector 2 de comunicación MAC00-B4

SIMBOLOGIA	
	Simbolo conexión USB
	Toma USB
	Conexión HDMI
	Interruptor general DPST
	Resistencia
	Conexión GPIO
	Alimentación USB Arduino
	Conexión CSI
	Sensor
	Pin de Arduino
	Pin de alimentación Arduino
	Conector Jack
	Motor
	Conector PWR
	Conector COM2
	Fusible
	Conexión Ethernet
	Simbolo conexión Ethernet
	Cableado RS485B+
	Cableado RS485A-
	Cableado general
























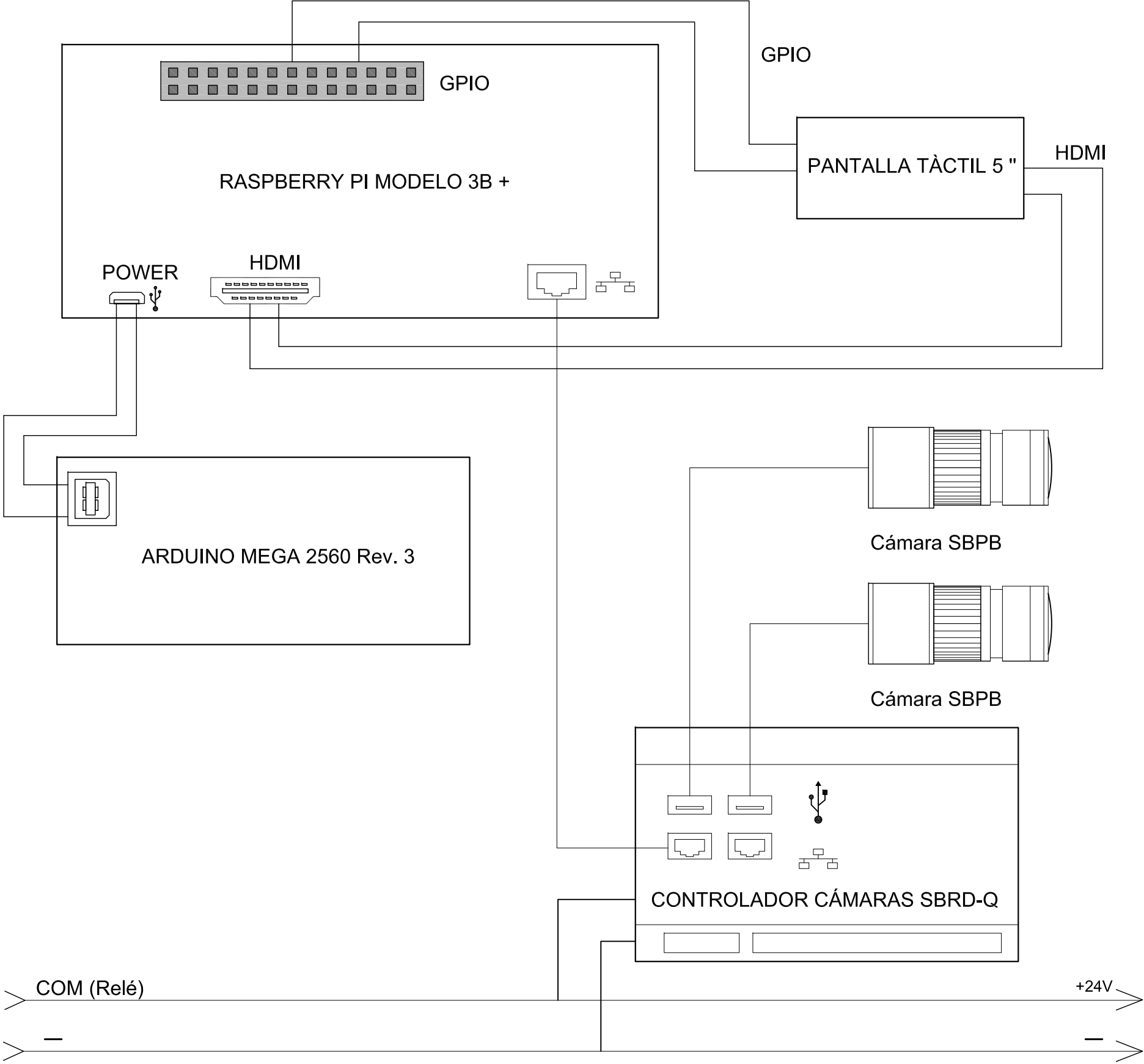
TÍTULO TFG BILLARDOR. Electrónica para la integración del robot de billar		Fecha	Nombre	Firma	Nº plano: 01
	DIBUJADO	18/08/2019	M. ESPLUGAS		Fecha: SEPT. 2019
DESIGNACIÓN PLANO ESQUEMA SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	COMPROBADO	19/09/2019	M. ESPLUGAS		Referencia: TFG
OBSERVACIONES					Escala:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

NOMENCLATURA	
GND	Ground (Masa)
COM	Común (Relé)
NC	Normalmente cerrado (Relé)
NO	Normalmente abierto (Relé)
GPIO	General Purpose Input/output
CSI	Conector cámara
HDMI	Interface Multimedia de alta definición
POWER	Alimentación Raspberry PI
T	Pin detransferencia de datos (Trigger)
D (nº)	Entrada/Salida Digital
Tx1	Pin de transmisión de datos
Rx1	Pin de recepción de datos
A(nº)	Entrada/Salida Analógica Arduino
DI	Drive Input. Entrada datos.
DE	Drive Enable. Salida datos.
RE	Receiver Enable.
RO	Receiver Output
VCC	Tensión de alimentación positiva.
RS485B +	Hilo B+ Bus RS485
RS485A -	Hilo A- Bus RS485
PWR	Alimentación MAC00-B4
P1	Pin 1 del conector PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector COM2 RS485B+
C4	Pin 4 del conector COM2 RS485A-
C5	Pin 5 del conector COM2 GNS
COM2	Conector 2 de comunicación MAC00-B4

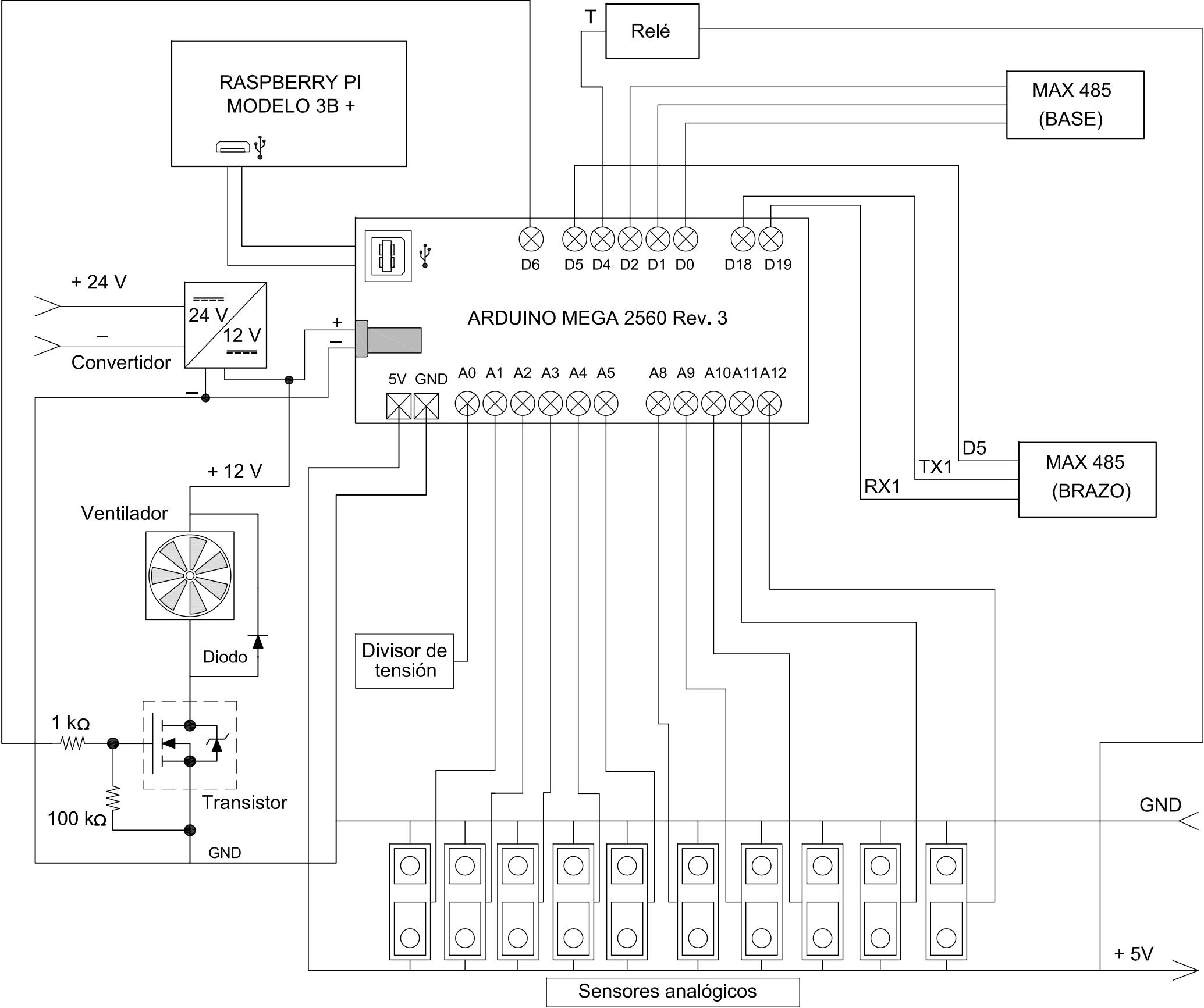
SIMBOLOGIA	
	Simbolo conexión USB
	Toma USB
	Conexión HDMI
	Interruptor general DPST
	Resistencia
	Conexión GPIO
	Alimentación USB Arduino
	Conexión CSI
	Sensor
	Pin de Arduino
	Pin de alimentación Arduino
	Conector Jack
	Motor
	Conector PWR
	Conector COM2
	Fusible
	Conexión Ethernet
	Simbolo conexión Ethernet
	Cableado RS485B+
	Cableado RS485A-
	Cableado general



TÍTULO TFG BILLARDOR. Electrónica para la integración del robot de billar		Fecha 20/08/2019	Nombre M. ESPLUGAS	Firma	Nº plano: 02
DESIGNACIÓN PLANO ESQUEMA SISTEMA DEL PROCESADOR	DIBUJADO	20/08/2019	M. ESPLUGAS		Fecha: SEPT. 2019
	COMPROBADO	19/09/2019	M. ESPLUGAS		Referencia: TFG
OBSERVACIONES					Escala:

NOMENCLATURA	
GND	Ground (Masa)
COM	Común (Relé)
NC	Normalmente cerrado (Relé)
NO	Normalmente abierto (Relé)
GPIO	General Purpose Input/output
CSI	Conector cámara
HDMI	Interface Multimedia de alta definición
POWER	Alimentación Raspberry PI
T	Pin detransferencia de datos (Trigger)
D (nº)	Entrada/Salida Digital
Tx1	Pin de transmisión de datos
Rx1	Pin de recepción de datos
A(nº)	Entrada/Salida Analógica Arduino
DI	Drive Input. Entrada datos.
DE	Drive Enable. Salida datos.
RE	Receiver Enable.
RO	Receiver Output
VCC	Tensión de alimentación positiva.
RS485B +	Hilo B+ Bus RS485
RS485A -	Hilo A- Bus RS485
PWR	Alimentación MAC00-B4
P1	Pin 1 del conector PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector COM2 RS485B+
C4	Pin 4 del conector COM2 RS485A-
C5	Pin 5 del conector COM2 GNS
COM2	Conector 2 de comunicación MAC00-B4

SIMBOLOGIA	
	Simbolo conexión USB
	Toma USB
	Conexión HDMI
	Interruptor general DPST
	Resistencia
	Conexión GPIO
	Alimentación USB Arduino
	Conexión CSI
	Sensor
	Pin de Arduino
	Pin de alimentación Arduino
	Conector Jack
	Motor
	Conector PWR
	Conector COM2
	Fusible
	Conexión Ethernet
	Simbolo conexión Ethernet
	Cableado RS485B+
	Cableado RS485A-
	Cableado general
























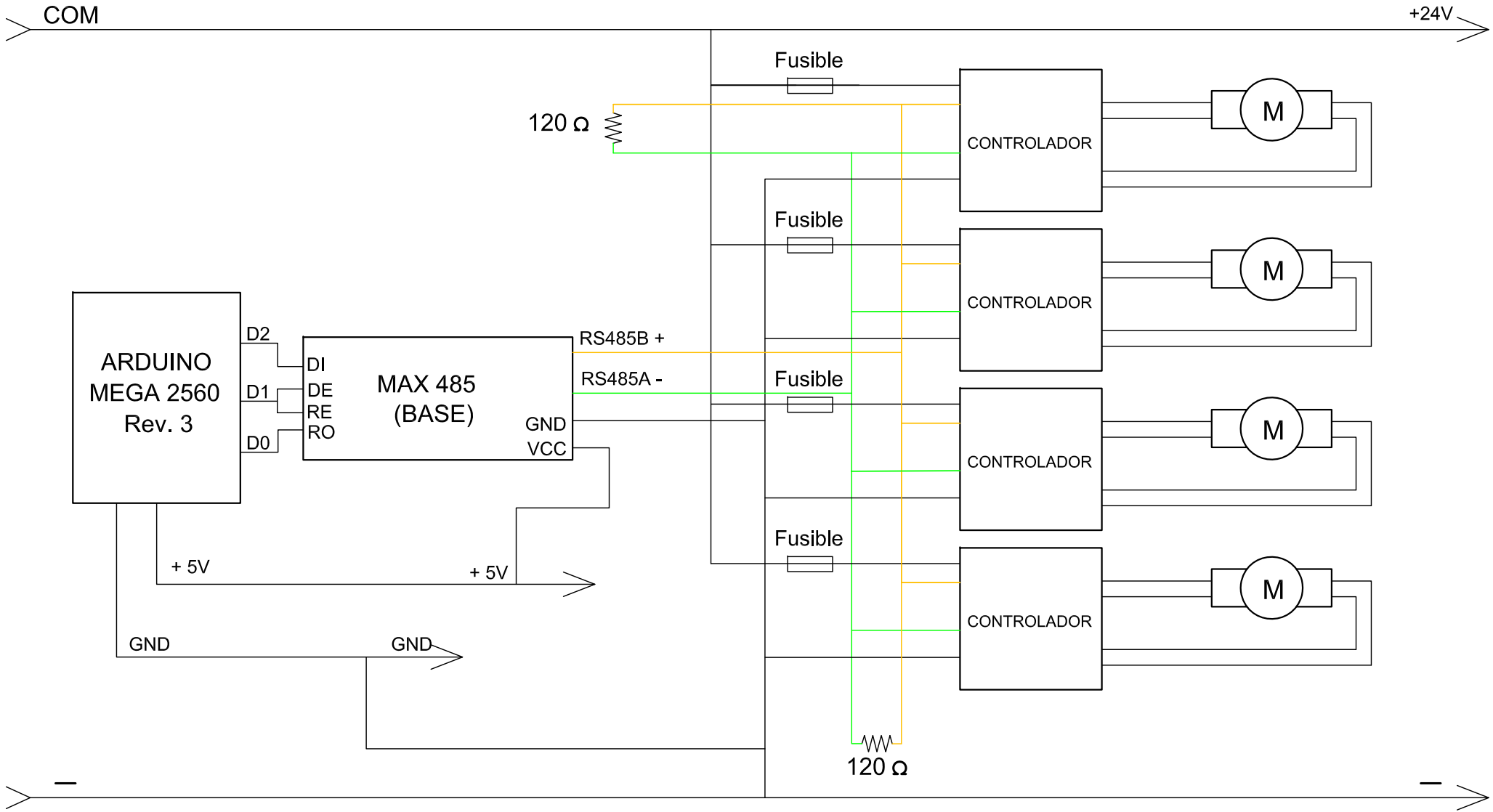
TÍTULO TFG BILLARDOR. Electrónica para la integración del robot de billar DESIGNACIÓN PLANO ESQUEMA SISTEMA CONTROLADOR		Fecha	Nombre	Firma	Nº plano: 03
	DIBUJADO	25/08/2019	M. ESPLUGAS		Fecha: SEPT. 2019
	COMPROBADO	19/09/2019	M. ESPLUGAS		Referencia: TFG
OBSERVACIONES					Escala:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

NOMENCLATURA	
GND	Ground (Masa)
COM	Común (Relé)
NC	Normalmente cerrado (Relé)
NO	Normalmente abierto (Relé)
GPIO	General Purpose Input/output
CSI	Conector cámara
HDMI	Interface Multimedia de alta definición
POWER	Alimentación Raspberry PI
T	Pin detransferencia de datos (Trigger)
D (nº)	Entrada/Salida Digital
Tx1	Pin de transmisión de datos
Rx1	Pin de recepción de datos
A(nº)	Entrada/Salida Analógica Arduino
DI	Drive Input. Entrada datos.
DE	Drive Enable. Salida datos.
RE	Receiver Enable.
RO	Receiver Output
VCC	Tensión de alimentación positiva.
RS485B +	Hilo B+ Bus RS485
RS485A -	Hilo A- Bus RS485
PWR	Alimentación MAC00-B4
P1	Pin 1 del conector PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector COM2 RS485B+
C4	Pin 4 del conector COM2 RS485A-
C5	Pin 5 del conector COM2 GNS
COM2	Conector 2 de comunicación MAC00-B4

SIMBOLOGIA	
	Simbolo conexión USB
	Toma USB
	Conexión HDMI
	Interruptor general DPST
	Resistencia
	Conexión GPIO
	Alimentación USB Arduino
	Conexión CSI
	Sensor
	Pin de Arduino
	Pin de alimentación Arduino
	Conector Jack
	Motor
	Conector PWR
	Conector COM2
	Fusible
	Conexión Ethernet
	Simbolo conexión Ethernet
	Cableado RS485B+
	Cableado RS485A-
	Cableado general



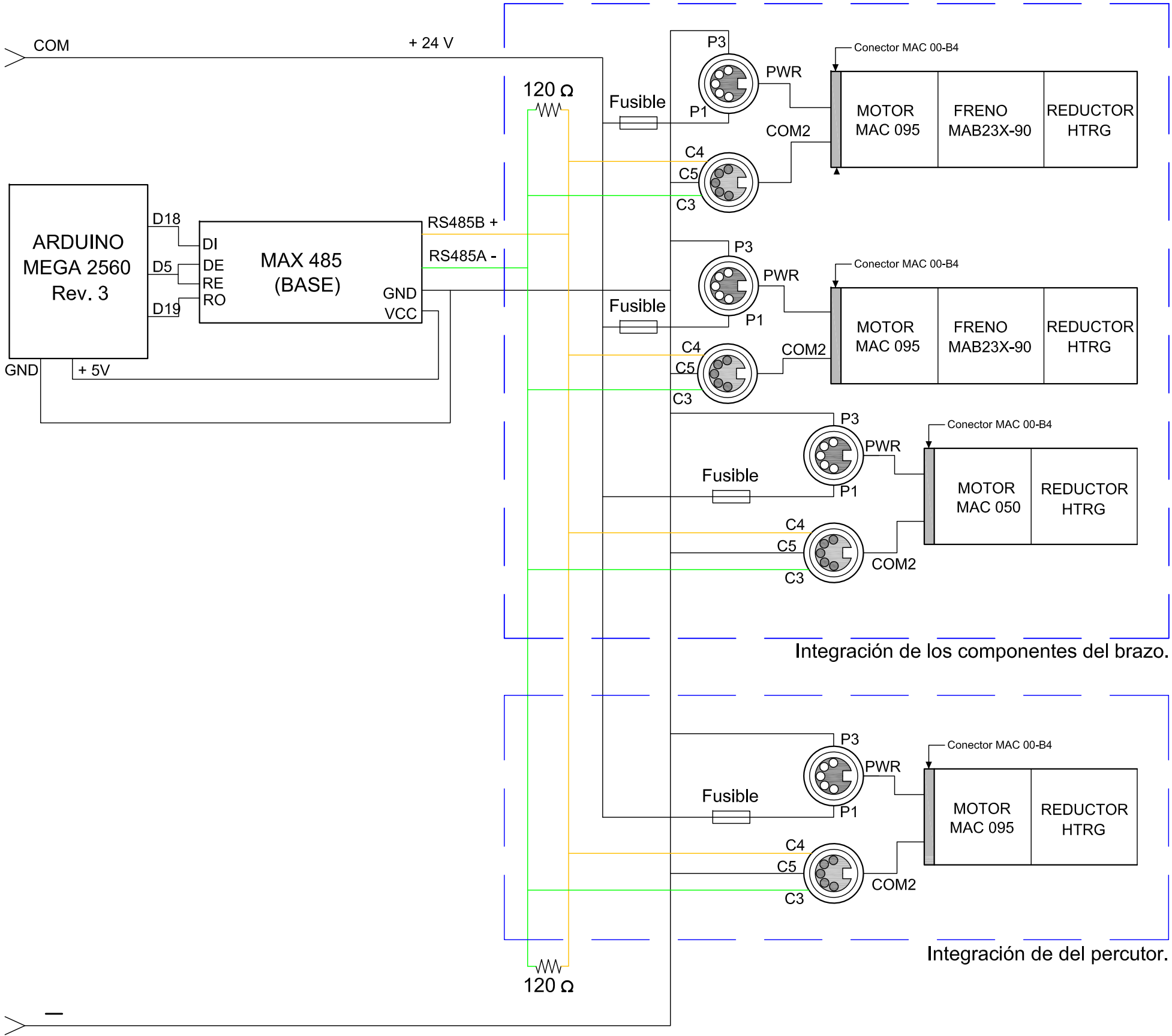
TÍTULO TFG BILLARDOR. Electrónica para la integración del robot de billar		Fecha	Nombre	Firma	Nº plano: 04
	DIBUJADO	28/08/2019	M. ESPLUGAS		Fecha: SEPT. 2019
DESIGNACIÓN PLANO ESQUEMA DE LA BASE (Bus RS485 (1))	COMPROBADO	20/09/2019	M. ESPLUGAS		Referencia: TFG
OBSERVACIONES					Escala:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

NOMENCLATURA	
GND	Ground (Masa)
COM	Común (Relé)
NC	Normalmente cerrado (Relé)
NO	Normalmente abierto (Relé)
GPIO	General Purpose Input/output
CSI	Conector cámara
HDMI	Interface Multimedia de alta definición
POWER	Alimentación Raspberry PI
T	Pin detransferencia de datos (Trigger)
D (nº)	Entrada/Salida Digital
Tx1	Pin de transmisión de datos
Rx1	Pin de recepción de datos
A(nº)	Entrada/Salida Analógica Arduino
DI	Drive Input. Entrada datos.
DE	Drive Enable. Salida datos.
RE	Receiver Enable.
RO	Receiver Output
VCC	Tensión de alimentación positiva.
RS485B +	Hilo B+ Bus RS485
RS485A -	Hilo A- Bus RS485
PWR	Alimentación MAC00-B4
P1	Pin 1 del conector PWR (P+)
P3	Pin 3 del conector PWR (P-)
C3	Pin 3 del conector COM2 RS485B+
C4	Pin 4 del conector COM2 RS485A-
C5	Pin 5 del conector COM2 GNS
COM2	Conector 2 de comunicación MAC00-B4

SIMBOLOGIA	
	Simbolo conexión USB
	Toma USB
	Conexión HDMI
	Interruptor general DPST
	Resistencia
	Conexión GPIO
	Alimentación USB Arduino
	Conexión CSI
	Sensor
	Pin de Arduino
	Pin de alimentación Arduino
	Conector Jack
	Motor
	Conector PWR
	Conector COM2
	Fusible
	Conexión Ethernet
	Simbolo conexión Ethernet
	Cableado RS485B+
	Cableado RS485A-
	Cableado general



TÍTULO TFG		Fecha	Nombre	Firma	Nº plano:
BILLARDOR. Electrónica para la integración del robot de billar					05
DESIGNACIÓN PLANO	DIBUJADO	2/09/2019	M. ESPLUGAS		Fecha:
ESQUEMA DEL BRAZO Y PERCUTOR (Bus RS485 (2))	COMPROBADO	21/09/2019	M. ESPLUGAS		SEPT. 2019
OBSERVACIONES					Referencia:
					TFG
					Escala:

Presupuesto

El presupuesto estimado para el coste total del prototipo inicial, incluyendo los componentes que componen el brazo y el percutor, por capítulos es el que a continuación se detalla:

Componentes de base y cuerpo.

Se ha procedido a evaluar los costes de los elementos comprendidos en la zona de la base y cuerpo del prototipo.

Elemento	Cantidad	Precio Unitario (€/unidad)	Precio Total (€)
Raspberry Pi 3 Modelo B +	1	38,82.-	38,82.-
Arduino Mega 2560 Rev 3	1	35,00.-	35,00.-
GP2Y0A02YK0F (SHARP)	5	13,95.-	69,75.-
GP2Y0A51SK0F (SHARP)	5	11,95.-	59,75.-
Convertidor reductor 24V-12V 2A(ICAR)	1	41,30.-	41,30.-
Interruptor	1	1,89.-	1,89.-
Pantalla táctil 5" KUMAN SC5A	1	37,99.-	37,99.-
Batería Exide AGM SB 12/60 A	2	35,99.-	71,98.-
Cargador de batería NOCO Genius G7200EU	1	103,07.-	103,07.-
Indicador de batería	1	28,41.-	28,41.-
Resistencia 107KΩ	1	0,16.-	0,16.-
Resistencia 22,1KΩ	1	0,26.-	0,26.-
Resistencia 120Ω	4	0,08.-	0,32.-
Motor Nema 24	4	26,63.-	106,52.-
Controlador TMCM-1161	4	119,00.-	476,00.-
MAX485	2	2,17.-	4,34.-
Relé	5	6,51.-	32,56.-
Pinzas	4	2,25.-	9,00.-
Conector Jack	1	0,48.-	0,48.-
Módulo cámara RPi(G) Raspberry Pi	1	26,48.-	26,48.-
Portafusible	8	0,25.-	2,00.-
Fusible de cristal de 5A	4	0,31.-	1,24.-
Fusible de cristal de 10A	2	0,31.-	0,62.-

Fusible de cristal de 16A	2	0,19.-	0,38.-
Ventilador Tacens Anima AF8	1	2,09.-	2,09.-
Controlador SBRD-Q con software	1	2.232,50.-	2.232,50.-
Cámara SBPB	2	1.793,00.-	3.586,00.-
Diodo 1N4007	1	0,19.-	0,19.-
Mosfet IRL540	1	2,22.-	2,22.-
Resistencia 1K Ω	1	0,08.-	0,08.-
Resistencia 100K Ω	1	0,14.-	0,14.-
TOTAL (IVA incluido)			6.971,37.-

Cableado

En este apartado al incorporar los elementos de otro proyecto, se ha podido extraer parte del presupuesto destinado a los elementos electrónicos que conforman el brazo. Y se ha cambiado algún elemento del mismo.

Elemento	Cantidad (m)	Precio por metro	Precio Total (€)
Cableado RCT H07V-K 2,5 mm ²	10	0,62.-	6,20.-
Cableado RCT H07V-K 1,5 mm ²	6	0,37.-	2,22.-
Cableado RCT LiYCY 0,75 mm ²	7	1,43.-	10,01.-
Cableado POS-CY 250V CPR 0,5 mm ²	7	1,95.-	13,65.-
Cable M12 RS485	5	12,78.-	63,90.-
Cable M12 PWR	3	26,78.-	80,34.-
Cable M12 COM2	3	33,24.-	99,72.-
Cable AWM 20624 80C 60V VW-1	2	3,21.-	6,42.-
TOTAL (IVA INCLUIDO)			282,46.-

Honorarios de Ingeniería

En este capítulo se procederá a realizar una estimación de honorarios profesionales de los servicios de ingeniería relacionados con el trabajo realizado en la elaboración del proyecto del sistema electrónico de base y cuerpo que se integran dentro del proyecto Billardor.

Descripción	Horas	Cantidad (ud.)	Precio por hora (€/h)	Coste unitario(€)	Precio (€)
Proyecto electrónico	670	-	25,00.-		16.750,00.-
Dirección y montaje (Estimado)	45	-	25,00.-		1.125,00.-
Programa Inkscape	-	1	-	Gratuito	0,00.-
Programa Fritzing	-	1	-	Gratuito	0,00.-
Programa SmartDraw 2019	-	1	-	270,30.-	270,30.-
TOTAL (IVA INCLUIDO)					18.145,30.-

Presupuesto total

Para concluir, se indica a continuación un resumen de los costes mostrados anteriormente del coste total estimado del sistema electrónico del prototipo.

Tipo de coste		Precio (€)
Componentes de la base y cuerpo		6.971,37.-
Coste del cableado		282,46.-
Coste Ingeniería y montaje		18.145,30.-
	TOTAL (IVA INCLUIDO)	25.399,13.-

El coste total para la realización del sistema electrónico del prototipo, teniendo en consideración cada uno de los elementos empleados asciende a un total de **25.399,13.-Euros**. (Veinticinco mil trescientos noventa y nueve euros con trece céntimos).

Conclusiones:

Después de exponer cada uno de los ámbitos correspondientes al sistema electrónico del proyecto, haremos una valoración del mismo, planteándonos un par de preguntas: ¿Se ha llegado a cumplir todos los objetivos propuestos? ¿Hay algún aspecto del prototipo que se pueda mejorar?

El desarrollo del diseño desde un estado inicial ha generado una serie de dudas y decisiones que ha permitido ampliar conocimientos que se han ido presentando a lo largo del trabajo final.

Al tener que incorporar de componentes electrónicos de partes de otros proyectos ha generado el estudio de éstos y su repercusión en el proyecto inicial, originando cambios en el sistema, que ha servido de ayuda para mejorar personalmente y tomando agilidad en la toma de decisiones.

Dicho trabajo me ha permitido el contacto con los distintos distribuidores y comercializadores existentes en el mercado, recibiendo información, consejos y soporte técnico para aclaración de dudas y orientar mejor el trabajo.

El planteamiento expresado en este trabajo final de grado entendemos que el sistema electrónico expresado cumple con los objetivos establecidos y ha permitido la incorporación de otros proyectos parciales al prototipo inicial.

Por otro lado centralizar el sistema ha sido útil ya que los componentes utilizados cumplen con el objetivo de simplificar el espacio, realmente la mayoría de dispositivos son pequeños y compactos por lo que de esta forma se ajusta a nuestro planteamiento. Realmente aplicar el tipo de controlador seleccionado para la base ha ayudado también a no tener que incorporar ni sistema de frenos, ni reductores.

La incorporación de la pantalla táctil ha permitido la interacción con el robot, y permitirá definir con mayor claridad las funciones propias del sistema.

Este proyecto me ha aportado la ampliación de métodos de aprendizaje, de búsqueda de información, a mejorar la organización y presentación del trabajo.

Para concluir podemos afirmar que los objetivos y propósitos para este proyecto se han realizado completamente.

Bibliografía:

A continuación se detallan los medios consultados para la elaboración del presente proyecto:

Webs y programas informáticos.

“Amazon.es”. Amazon. Consultado el 28 de Agosto, 2019.

https://www.amazon.es/ref=nav_logo

“Arduino – Home”. Arduino. Consultado el 5 de Mayo, 2019.

<https://www.arduino.cc/>

“Arduino Forum”. Arduino. Consultado el 25 de Agosto, 2019.

<http://www2.exide.com/es/es>

“Baterías de GEL 24V”. Autosolar. Consultado el 3 de Junio, 2019.

<https://autosolar.es/baterias-gel-24v>

“Camera Module V2”. Raspberry Pi. Consultado el 3 de Septiembre, 2019.

<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>

Components 101 (Blog). “Pi Camera Module - 5MP”. 9 de Diciembre, 2018. Consultado el 3 de Septiembre, 2019.

<https://components101.com/misc/pi-camera-module>

Contaval. *Control Blog* (Blog). “Protección de contactos contra los picos de tensión”. 30 de Noviembre, 2017. Consultado el 5 de Septiembre, 2019.

<https://www.contaval.es/proteccion-contactos-los-picos-tension/>

“Core Electronics | Electronics Australia”. Core Electronics. Consultado el 3 de Septiembre, 2019.

<https://core-electronics.com.au/>

“Exide | Baterías de Plomo/Acido | Baterías Exide”. Exide. Consultado el 20 de Mayo, 2019.

<http://www2.exide.com/es/es>

“Farnell España – distribuidor de componentes electrónicos”. Farnell. Consultado el 18 de Agosto, 2019.

<https://es.farnell.com>



“Inicio | Festo España”. FESTO. Consultado el 15 de Setiembre, 2019.

https://www.festo.com/cms/es_es/index.htm

Gómez, Enrique. *RI (Rincón Ingenieril)* (Blog). “Comunicación RS485 con Arduino”. 25 de Junio, 2016.

Consultado el 15 de Junio, 2019.

<https://www.rinconingenieril.es/rs485-arduino/>

INNOVA DOMOTICS (Blog). “Protocolo RS485”. Consultado el 13 de Junio, 2019.

<https://www.innovadomotics.com/mn-tuto/mn-mcr/mn-ard/ard-pry/12-prt-485.html>

“Kumantech ”. KUMAN. Consultado el 12 de Agosto, 2019.

<http://www.kumantech.com/>

Llamas, Luis. *LUIS LLAMAS* (Blog). “Comunicación RS485 con Arduino y conversor MAX485”. 10 de

Diciembre, 2016. Consultado el 15 de Junio, 2019.

<https://www.luisllamas.es/arduino-rs485-max485/>

Llamas, Luis. *LUIS LLAMAS* (Blog). “Controlar grandes cargas con Arduino y transistor MOSFET”. 18 de

Julio, 2016. Consultado el 5 de Septiembre, 2019.

<https://www.luisllamas.es/arduino-transistor-mosfet/>

“Naylamp Mechatronics”. Consultado el 29 de Agosto, 2019.

<https://naylampmechatronics.com/>

NAYLAMP MECHATRONICS (Blog). “Comunicación RS485 con Arduino”. 2016. Consultado el 13 de

Junio, 2019.

https://naylampmechatronics.com/blog/37_Comunicación-RS485-con-Arduino.html

“Pololu Robotics and Electronics”. Pololu. Consultado el 20 de Mayo, 2019.

<https://www.pololu.com/>

“PcComponentes.com”. PC Components. Consultado el 5 de Septiembre, 2019.

<https://www.pccomponentes.com/>

“Relés biestables”. Arteche. Consultado el 28 de Agosto, 2019.

<https://www.artech.com/es/rel%C3%A9s-biestables>

“ROHS REDUCTOR DE TENSION 24V-12V”. Onda Radio, Ariston. Consultado el 25 de Mayo, 2019.

<https://www.ariston.es/producto/icar-convertidores-de-tension-cccc-conmutados-10666.aspx#>

“RS Components | Componentes Electrónicos y Eléctricos”. RS. Consultado el 10 de Agosto, 2019.
<https://es.rs-online.com/web/>

“Setting up your Raspberry Pi – Introduction | Raspberry Pi Projects”. Raspberry Pi. Consultado el 29 de Mayo, 2019.
<https://projects.raspberrypi.org/en/projects/raspberry-pi-setting-up>

“SICK España | SICK”. SICK. Consultado el 24 de Agosto, 2019.
<https://naylampmechatronics.com/>

“Start Dead Batteries”. NOCO. Consultado el 5 de Junio, 2019.
<https://no.co/>

“Stepper Motor & Stepper Motor Driver - STEPPERONLINE”. STEPPERONLINE. Consultado el 15 de Junio, 2019.
<https://www.omc-stepperonline.com/>

“Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi.” Raspberry Pi. Consultado el 10 de Junio, 2019.
<https://www.raspberrypi.org/>

“The latest in servo”. JVL. Consultado el 9 de Junio, 2019.
<https://www.jvl.dk/>

“TMCM-1161 - Trinamic”. Trinamic. Consultado el 25 de Mayo, 2019.
<https://www.trinamic.com/products/modules/details/tmcm-1161/>

“Trinamic Motion Control - Trinamic”. Trinamic. Consultado el 25 de Mayo, 2019.
<https://www.trinamic.com/>

“Understanding RS485: Wiring, Connection, Monitoring Software – Windmill Software”. Windmill Software Ltd. 7 de Marzo de 2016. Consultado el 13 de Junio, 2019.
<https://www.windmill.co.uk/rs485.html>

Weis, Olga. *ELTIMA PUBLISHING* (Blog). “Diferencia RS232 y RS485: casos de uso y tecnología”. 25 de Septiembre, 2019. Consultado el 26 de Septiembre, 2019.
<https://www.eltima.com/es/article/rs232-vs-rs485.html>

“Wikipedia, la enciclopedia libre”. Consultado el 4 de Septiembre, 2019.
<https://es.wikipedia.org>

Fritzing.org. Fritzing [Programa de ordenador]. (Versión 0.9.3b). [Consulta: 10 de Mayo de 2019].

Disponible a: <http://fritzing.org/download/>

Inkscape.org. Inkscape Draw Freely [programa de ordenador]. (Versión 0.92.4). [Consulta: 10 Mayo de 2019]. Disponible a: <https://inkscape.org/>

smartdraw.com. SmartDraw 2019 [programa de ordenador]. [Consulta: 25 de Mayo de 2019].

Disponible

a:

https://www.smartdraw.com/downloads/?id=365096&gclid=EAlaIQobChMllvzV7af25AIVRYfVCh3rHgKvEAAYASABEgKgZPD_BwE

AUTODESK. AutoCAD 2007 [Programa de ordenador]. [Consulta: 10 de Mayo de 2019].

Disponible a: <https://www.autodesk.es/>

Referencias.

García Moreno, Adrián y Lorenzo Polo, Albert. Billardor: Diseño de una base de locomoción. Trabajo Final de Grado. UPC, “Escola d’Enginyeria de Barcelona Est” Departamento de expresión Gráfica en Ingeniería. 2013.

Pagán Montoro, Alex. “Billardor: Disseny d’un disparador de boles de billar mitjançant ressort” Trabajo Final de Grado. UPC, “Escola d’Enginyeria de Barcelona Est” Departamento de expresión Gráfica en Ingeniería. 2014.

Ateña Pinedo, Gerard. Billardor, Diseño de un prototipo de brazo robotizado para disparador mecánico Trabajo Final de Grado. UPC, “Escola d’Enginyeria de Barcelona Est” Departamento de expresión Gráfica en Ingeniería. 2014.

Anexo A

Fichas técnicas

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

BILLARDOR: ELECTRÓNICA PARA LA INTEGRACIÓN DEL ROBOT DE BILLAR



ANEXO A

FICHAS TÉCNICAS

Autor: Marc Esplugas Martínez
Director: Miguel Brigos Hermida
Convocatòria: Septiembre 2019



ÍNDICE ANEXO A

1. FICHAS TÉCNICAS (BASE Y CUERPO)	5
1.1. ORDENADOR.....	5
1.1.1. Arduino Mega 2560 Rev. 3	
1.1.2. Rapsberry Pi Mod. 3B +	
1.2. SENSORES	12
1.2.1. GP240A02YK0F	
1.2.2. GP240A51SK0F	
1.3. PANTALLA TACTIL.....	26
1.3.1. Pantalla HDMI 5"	
1.4. BATERÍA	32
1.4.1. Exide de gel tipo SB12 / 185 A	
1.5. CARGADOR BATERÍA	41
1.5.1. Genius G7200 EU	
1.6. INDICADOR DE BATERÍA.....	59
1.7. CONTROLADOR - MOTOR	61
1.7.1. TMCM - 1161 Trinamic	
1.7.1. Nema 24	
1.8. CIRCUITO INTEGRADO	90
1.8.1. MAX 485	
1.9. VARIOS.....	110
2. FICHAS TÉCNICAS (INTEGRACIÓN BRAZO)	143
2.1. FICHAS TÉCNICAS INTEGRADAS DEL BRAZO	



1. FICHAS TÉCNICAS (BASE Y CUERPO)

1.1. Ordenador

1.1.1. Arduino Mega 2560 Rev. 3

1.1.2. Raspberry Pi Mod. 3B +



ARDUINO MEGA 2560 REV3

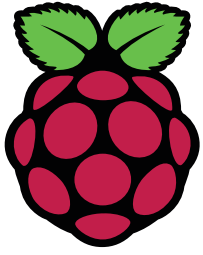


OVERVIEW

TECH SPECS

DOCUMENTATION

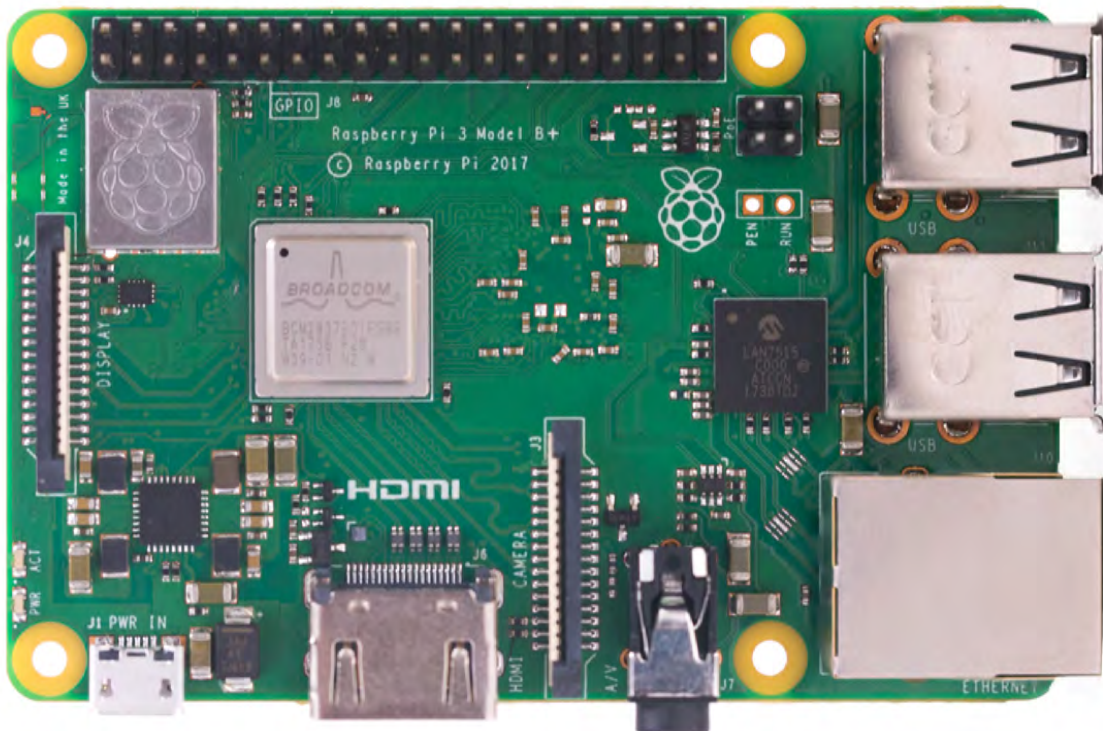
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g



Raspberry Pi 3 Model B+



Overview



The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

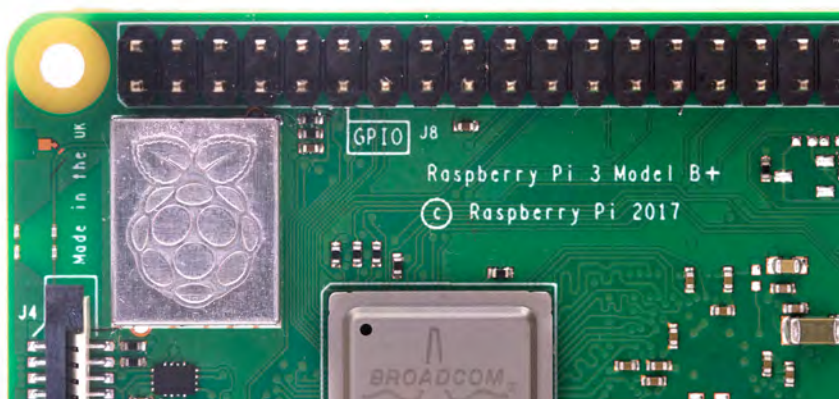
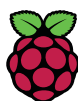
The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced wireless LAN compliance testing, improving both cost and time to market.

The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

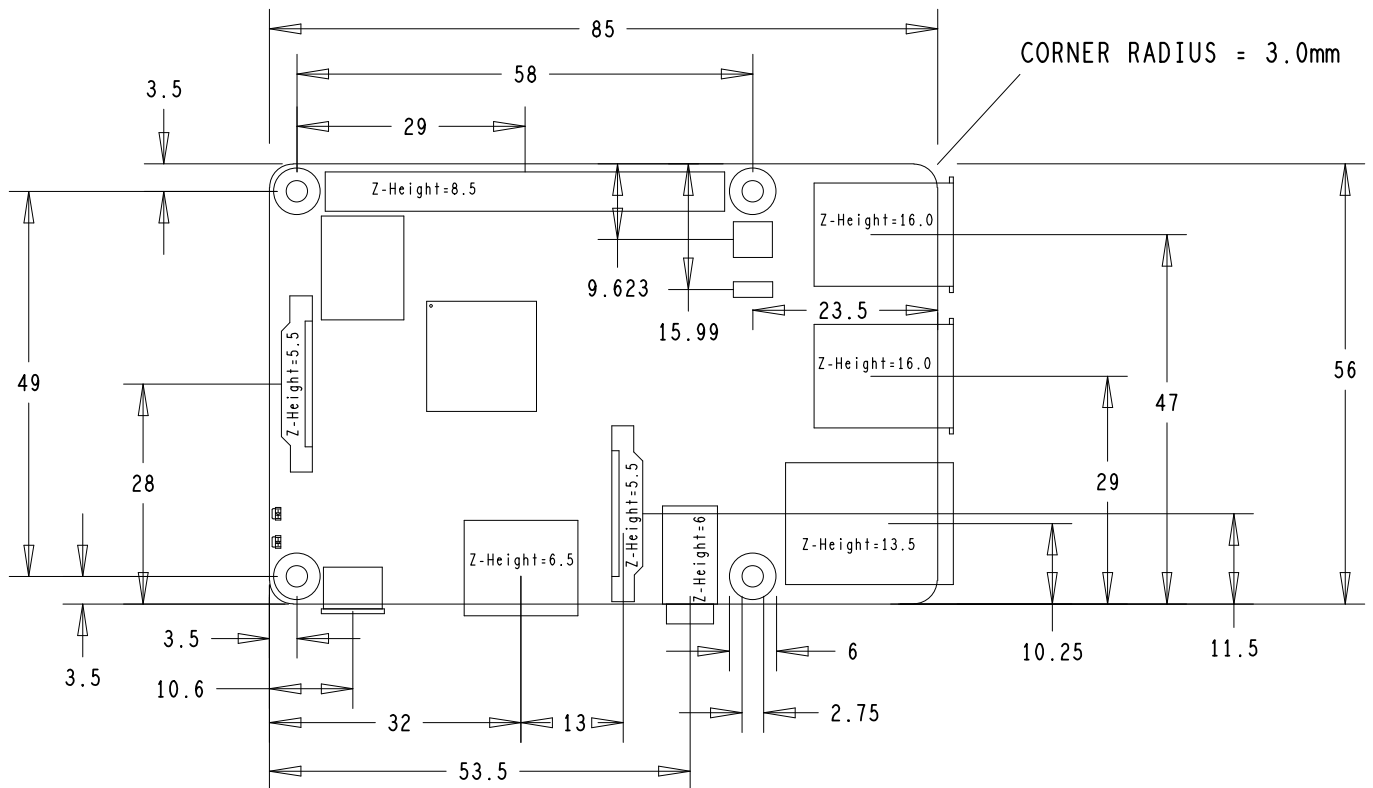


Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none">■ 1 × full size HDMI■ MIPI DSI display port■ MIPI CSI camera port■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none">■ 5V/2.5A DC via micro USB connector■ 5V DC via GPIO header■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50 °C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



Physical specifications



Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

Safety instructions

To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.





HDMI is a trademark of HDMI Licensing, LLC
Raspberry Pi is a trademark of the Raspberry Pi Foundation

1.2. Sensores

1.2.1 GP240A02YK0F

1.2.2. GP240A51SK0F



GP2Y0A02YK

Long Distance Measuring Sensor

■ Features

1. Less influence on the colors of reflected objects and their reflectivity, due to optical triangle measuring method
2. Distance output type
(Detection range: 20 to 150cm)
3. An external control circuit is not necessary
Output can be connected directly to a microcomputer

■ Applications

1. For detection of human body and various types of objects in home appliances, OA equipment, etc

■ Absolute Maximum Ratings ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	-0.3 to +7	V
*1 Output terminal voltage	V_O	-0.3 to $V_{CC}+0.3$	V
Operating temperature	T_{opr}	-10 to +60	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-40 to +70	$^{\circ}\text{C}$

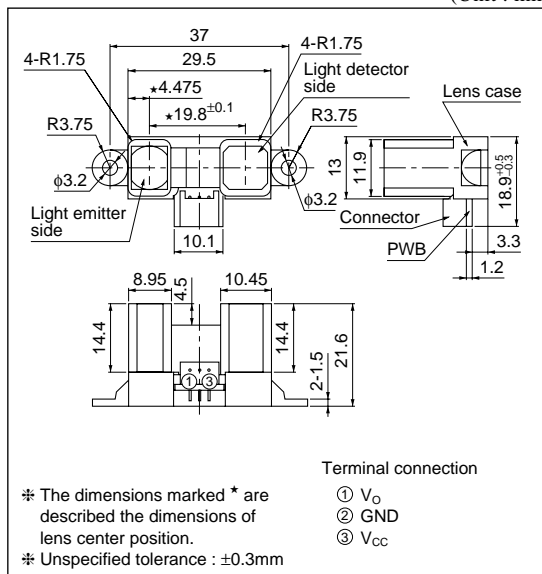
*1 Open collector output

■ Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating Supply voltage	V_{CC}	4.5 to 5.5	V

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



■ Electro-optical Characteristics

($T_a=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance measuring range	ΔL	^{*2} ^{*3}	20	—	150	cm
Output terminal voltage	V_O	^{*2} $L=150\text{cm}$	0.25	0.4	0.55	V
Difference of output voltage	ΔV_O	^{*2} Output change at $L=150\text{cm}$ to 20cm	1.8	2.05	2.3	V
Average dissipation current	I_{CC}	—	—	33	50	mA

Note) L: Distance to reflective object

^{*2} Using reflective object: White paper (Made by Kodak Co. Ltd. gray cards R-27 · white face, reflective ratio;90%)

^{*3} Distance measuring range of the optical sensor system

Fig.1 Internal Block Diagram

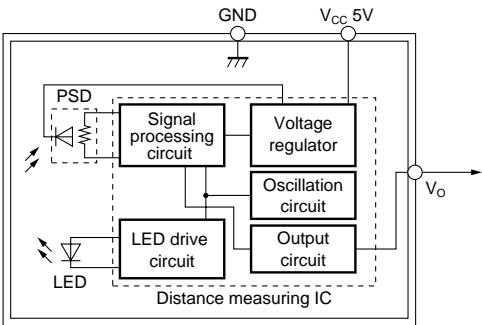


Fig.2 Timing Chart

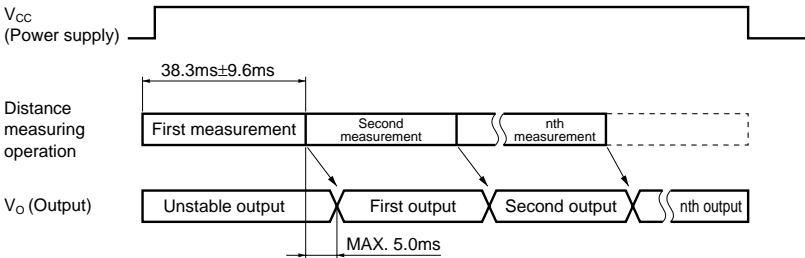
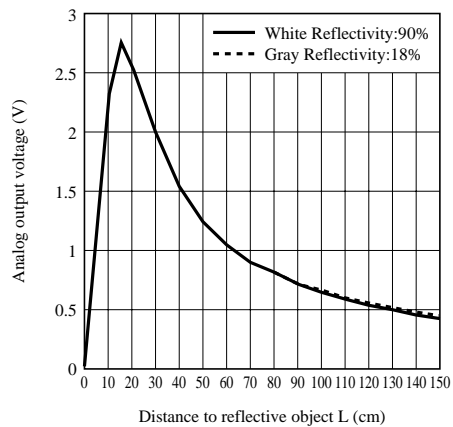


Fig.3 Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object



NOTICE

- The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.
- Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.
- Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:
 - (i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:
 - Personal computers
 - Office automation equipment
 - Telecommunication equipment [terminal]
 - Test and measurement equipment
 - Industrial control
 - Audio visual equipment
 - Consumer electronics
 - (ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability such as:
 - Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
 - Traffic signals
 - Gas leakage sensor breakers
 - Alarm equipment
 - Various safety devices, etc.
 - (iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:
 - Space applications
 - Telecommunication equipment [trunk lines]
 - Nuclear power control equipment
 - Medical and other life support equipment (e.g., scuba).
- Contact a SHARP representative in advance when intending to use SHARP devices for any "specific" applications other than those recommended by SHARP or when it is unclear which category mentioned above controls the intended use.
- If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Control Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.
- This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.
- Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.

GP2Y0A51SK0F

Distance Measuring Sensor Unit
Measuring distance : 2 to 15 cm
Analog output type



■Description

GP2Y0A51SK0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PSD (position sensitive detector) , IR-LED (infrared emitting diode) and signal processing circuit. The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method. This device outputs the voltage corresponding to the detection distance. So this sensor can also be used as a proximity sensor.

■Agency approvals/Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

■Applications

1. Cleaning robot
2. Personal robot
3. Sanitary

■Features

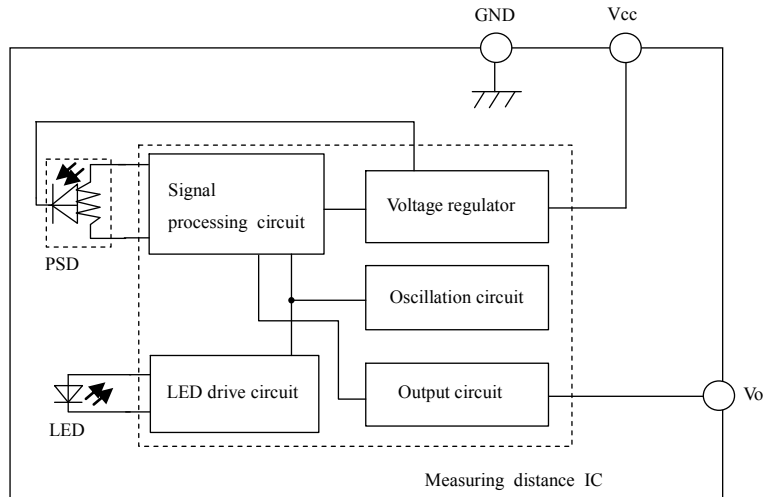
1. Distance measuring sensor is united with PSD, infrared LED and signal processing circuit
2. Short measuring cycle (16.5ms)
3. Distance measuring range : 2 to 15 cm
4. Compact size (27.0 × 10.8 × 12.0mm)
5. Analog output type

Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.

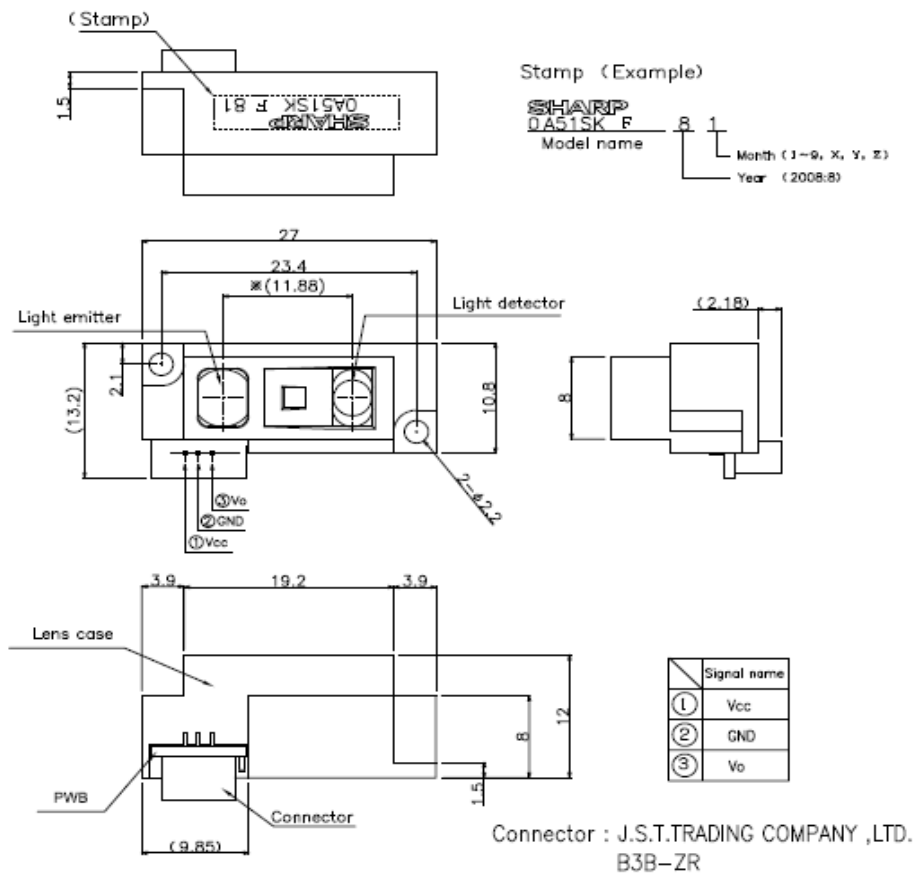
In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

Sheet No.: OP13007EN

■Schematic



■Outline



Materials

Lens: Acrylic acid resin (Visible light cut-off resin)

Case: Carbonic ABS (Conductive resin)

PWB: Glass epoxy

Note 1 : Unspecified tolerance shall be ± 0.3 mm.

Note 2 : ():Reference value.

Note 3 : The dimensions marked * are described the dimensions of lens center position.

Unit: mm Scale: 2/1

Name	GP2Y0A51SK0F Out line Dimensions
Drawing No.	CY14217i02A

■Absolute maximum ratings

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Ratings	Unit	Remark
Supply voltage	Vcc	-0.3 to +7	V	-
Output terminal voltage	Vo	-0.3 to Vcc+0.3	V	-
Operating temperature	Topr	-10 to +60	°C	-
Storage temperature	Tstg	-40 to +70	°C	-

■Operating supply voltage

Symbol	Rating	Unit	Remark
Vcc	4.5 to 5.5	V	-

■Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, Vcc=5V)

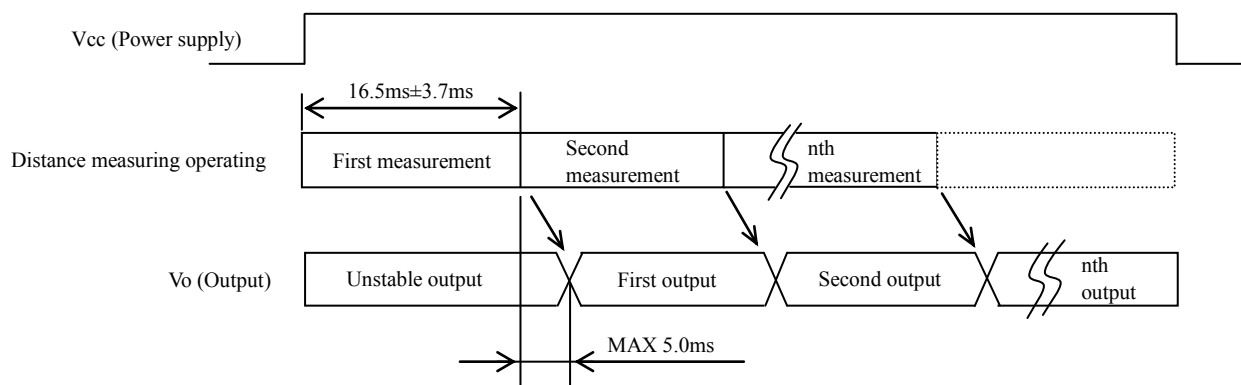
Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Measuring distance range	ΔL	(Note 1)	2	-	15	cm
Output terminal voltage	Vo	L=15cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage difference	ΔVo	Output change at L change (15cm → 2cm) (Note 1)	1.35	1.65	1.95	V
Average supply current	Icc	L=15cm (Note 1)	-	12	22	mA

※L : Distance to reflective object

(Note 1) Using reflective object : White paper

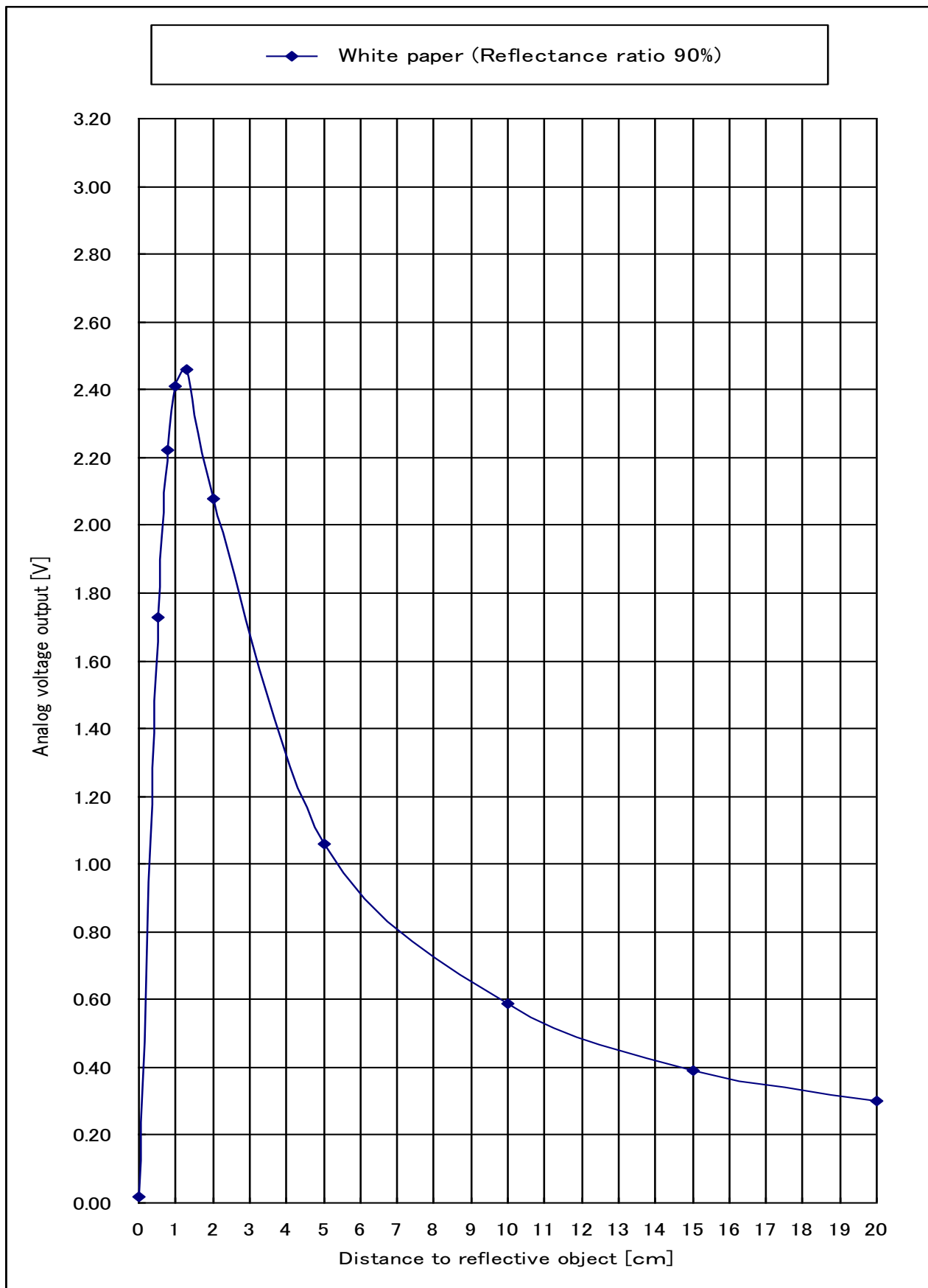
(Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27 • white face, reflective ratio ; 90%)

■Timing Chart



■Supplements

- Example of output distance characteristics



- This product shall not contain the following materials.

Also, the following materials shall not be used in the production process for this product.

Materials for ODS : CFC_s, Halon, Carbon tetrachloride 1.1.1-Trichloroethane (Methyl chloroform)

- Product mass : Approx. 2.7g (TYP)

- This product does not contain the chemical materials regulated by RoHS directive.

(Except for the NOT regulated by RoHS directive.)

- Specified brominated flame retardants

Specified brominated flame retardants (PBB and PBDE) are not used in this device at all.

- Compliance with each regulation

1) The RoHS directive(2002/95/EC)

This product complies with the RoHS directive(2002/95/EC) .

Object substances: mercury, lead (except for lead in high melting temperature type solders^{*1} and glass of electronic components), cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls (PBB) and polybrominated diphenyl ethers (PBDE)

*1 : i.e. tin-lead solder alloys containing more than 85% lead

2) Content of six substances specified in Management Methods for Control of Pollution Caused by Electronic Information Products Regulation (Chinese : 电子信息产品污染控制管理办法).

Category	Toxic and hazardous substances					
	Lead (Pb)	Mercury (Hg)	Cadmium (Cd)	Hexavalent chromium (Cr ⁶⁺)	Polybrominated biphenyls (PBB)	Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)
Distance Measuring Sensor	*	✓	✓	✓	✓	✓

✓ : indicates that the content of the toxic and hazardous substance in all the homogeneous materials of the part is below the concentration limit requirement as described in SJ/T 11363-2006 standard .

* : indicates that the content of the toxic and hazardous substance in at least one homogeneous material of the part exceeds the concentration limit requirement as described in SJ/T 11363-2006 standard.

Lead in high melting temperature type solders (i.e. tin-lead solder alloys containing more than 85% lead) and glass of electronic components (designated by “*” in the above table) are exempt from the RoHS directive (2002/95/EC), because there is no effective way to eliminate or substitute them by present scientific technology.

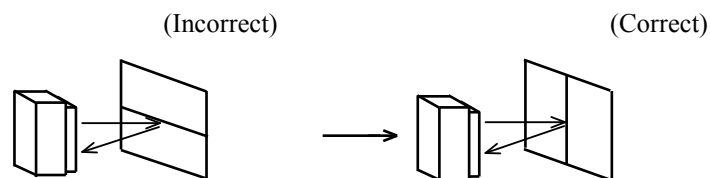
■Notes

[Advice for the optics]

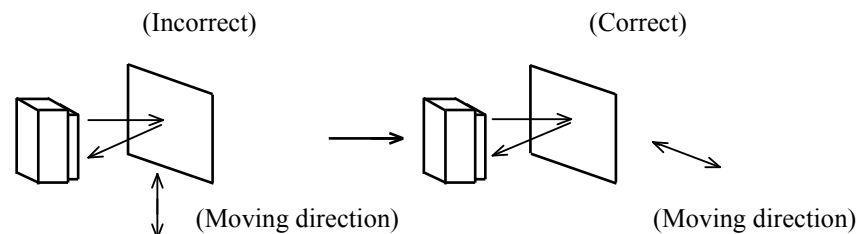
- Lens of this device shall be kept cleanly. There are cases that dust, water or oil and so on deteriorate the characteristics of this device. Please consider in actual application.
- In case that protection is set in front of the emitter and detector portion, the protection cover which has the most efficient transmittance at the emitting wavelength range of LED for this product ($\lambda=870\text{nm}\pm 70\text{nm}$), shall be recommended to use. The face and back of protection cover should be mirror polishing. Also, as there are cases that the characteristics may not be satisfied with according to the distance between the protection cover and this product or the thickness of the protection cover, please use this product after confirming the operation sufficiently in actual application.

[Advice for the characteristics]

- In case that there is an object near to light exits of the sensor between the sensor and the detected object, please use this device after confirming sufficiently what the characteristics of this sensor do not change by the object.
- When the detector surface receive direct light from the sun, tungsten lamp and so on, there are cases that it can not measure the distance exactly. Please consider the design that the detector does not receive direct light from such light source.
- Distance between sensor and mirror reflector can not measure exactly.
- In case that reflective object has boundary line clearly, there is cases that distance can not measure exactly. At that time, if direction of boundary line and the line between emitter center and detector center parallels, it is possible to decrease deviation of measuring distance.



- In order to decrease measuring error by moving direction of object, we recommend to mount the sensor like below drawing.

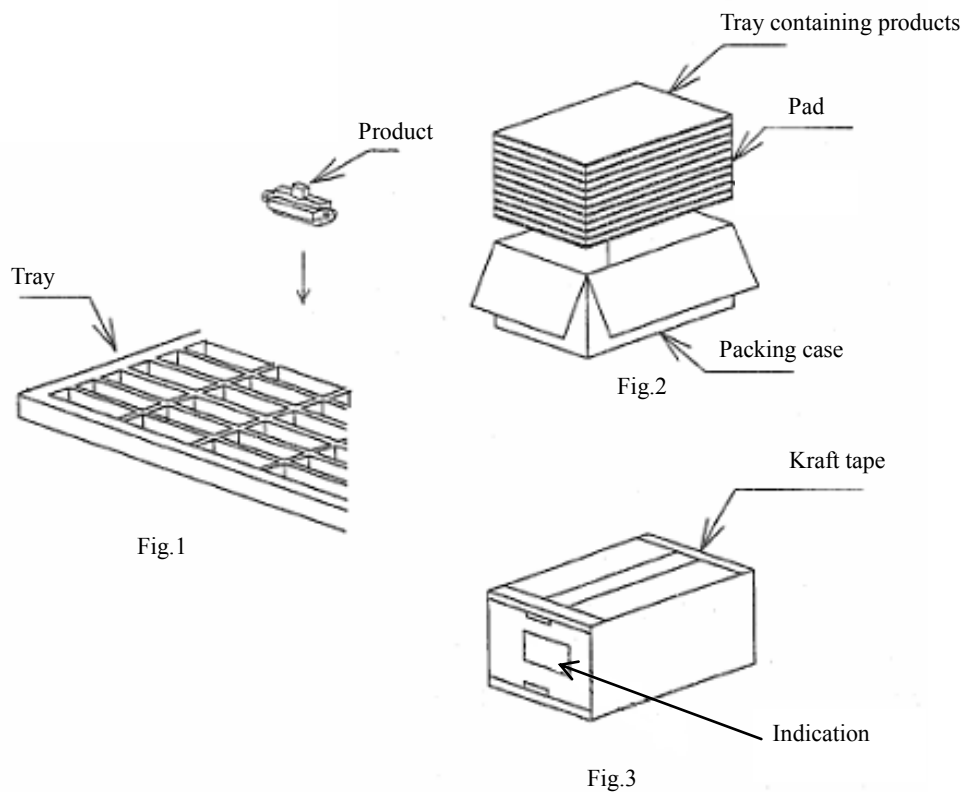


- In order to stabilize power supply line, we recommend to connect a by-pass capacitor of 10 μF or more between Vcc and GND near this product.

[Notes on handling]

- Please don't do washing. Washing may deteriorate the characteristics of optical system and so on. Please confirm resistance to chemicals under the actual usage since this product has not been designed against for washing.
- There are some possibilities that the sensor inside the case package with lens may be exposed to the excessive mechanical force. Please be careful not to cause any excessive pressure on the case package with lens and also on the sensor's PCB at the assembly and inserting of the set.

■ Packing specification



1. Packing numbers
 MAX. 50 pieces per tray
 MAX 500 pieces per case
2. Arranges in 10 stages of trays containing products into the packing case.
 Put pads on their top and bottom.
 Closes the lid of case and seals with kraft tape.
3. Indication items
 The contents of the carton indication conforms to EIAJ C-3 and the following items are indicated.
 Model No., Internal production control name, Quantity, Packing date, Corporate name, Country of origin

■ Important Notices

· The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.

· Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.

· Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:

(i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:

- Personal computers
- Office automation equipment
- Telecommunication equipment [terminal]
- Test and measurement equipment
- Industrial control
- Audio visual equipment
- Consumer electronics

(ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection

with equipment that requires higher reliability such as:

- Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
- Traffic signals
- Gas leakage sensor breakers
- Alarm equipment
- Various safety devices, etc.

(iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:

- Space applications
- Telecommunication equipment [trunk lines]
- Nuclear power control equipment
- Medical and other life support equipment (e.g., scuba).

· If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.

· This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.

· Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

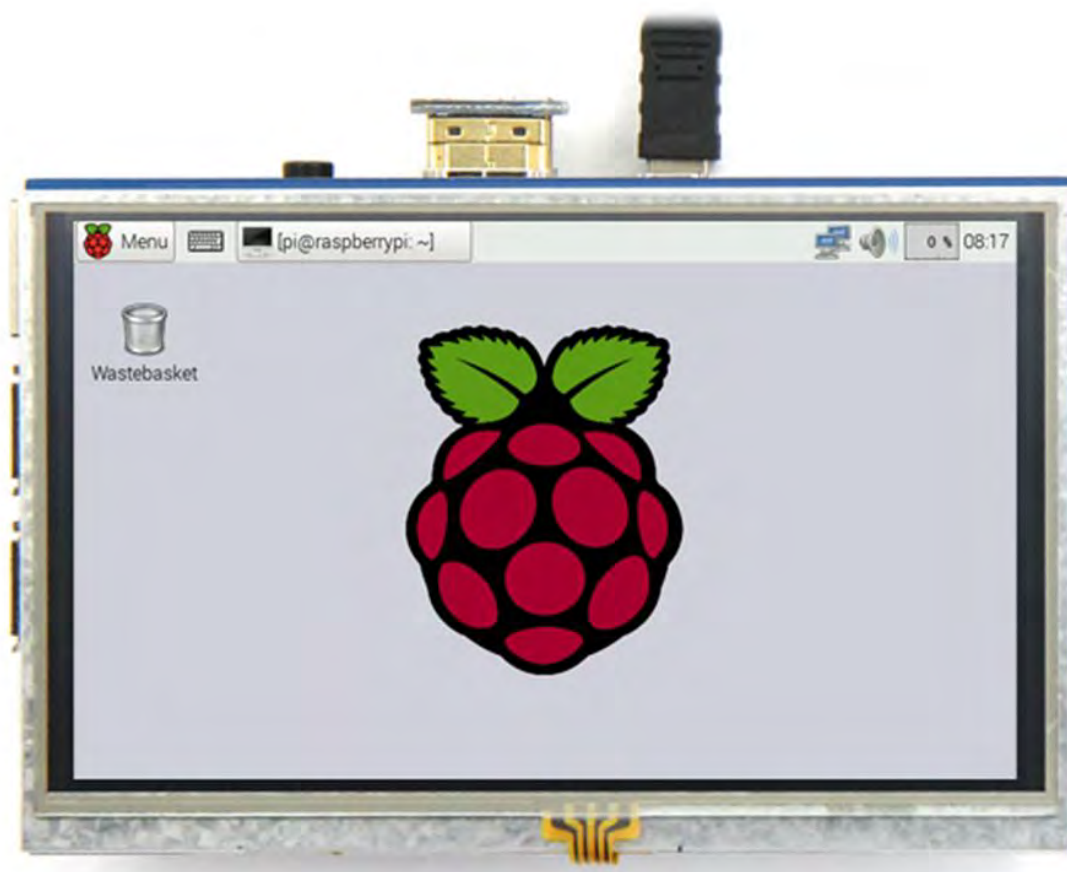
1.3. Pantalla táctil

1.3.1. Pantalla HDMI 5"



5inch HDMI Display

User Manual



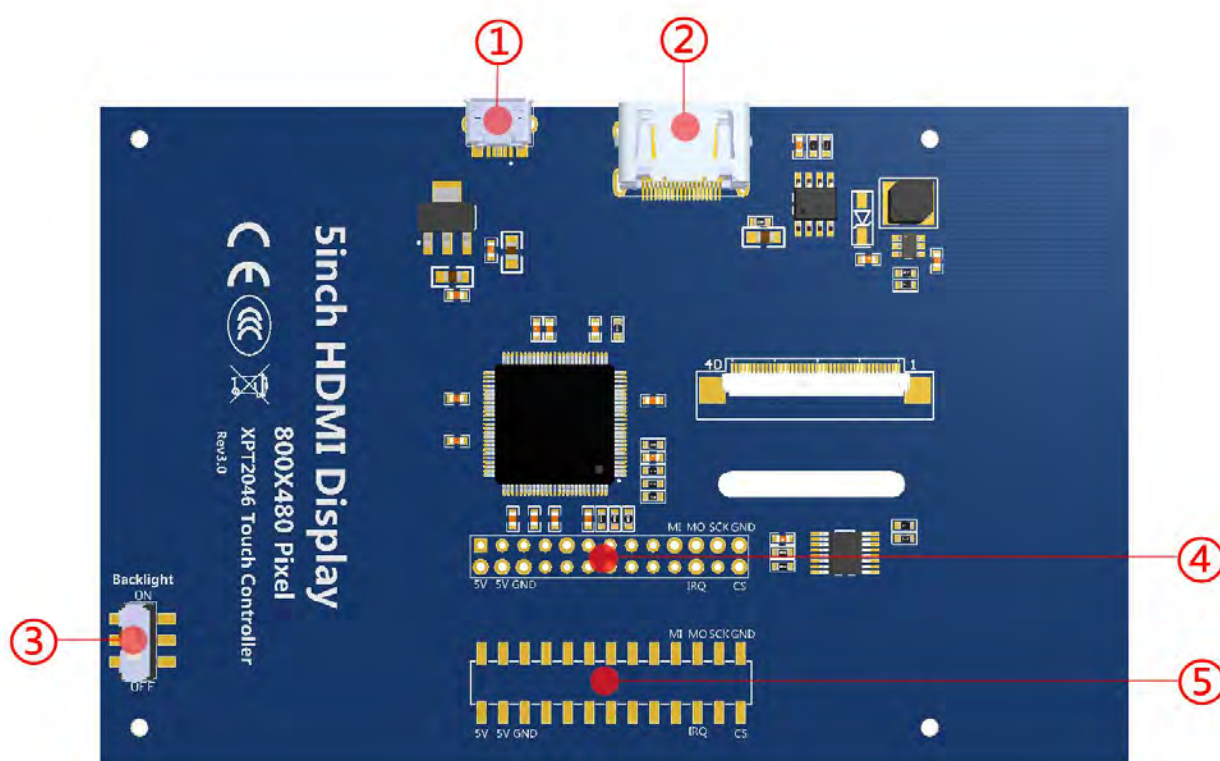
【product description】

- ◆ 5" standard display, 800 × 480 resolution
- ◆ With resistive touch screen, support touch control
- ◆ support backlight control alone, the backlight can be turned off to save power
- ◆ supports standard HDMI interface input, compatible with and can be directly inserted with Raspberry Pi (3rd, 2nd, and 1st generation)
- ◆ can be used as general-purpose-use HDMI monitor, for example: connect with a computer HDMI as the sub-display (resolution need to be able to force output for 800 x480)
- ◆ used as a raspberry pie display that supports Raspbian, Ubuntu, Kodi, win10 IOT(resistive touch)
- ◆ work as a PC monitor, support XP,win7, win8, win10 system(do not support touch)
- ◆ CE, RoHS certification

【Product Parameters】

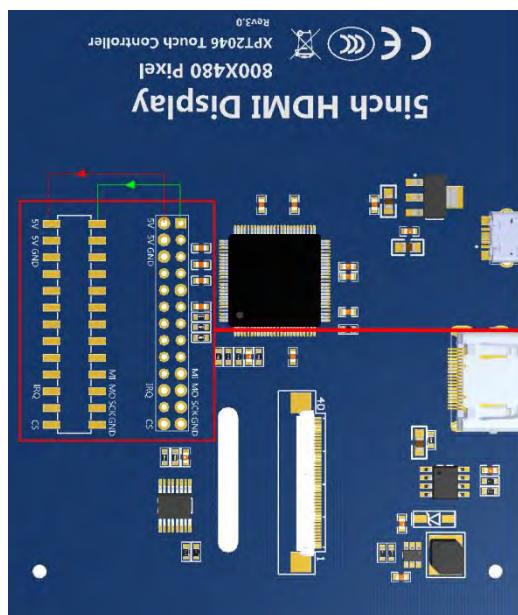
- ◆ Size: 5.0(inch)
- ◆ SKU: 6320629805
- ◆ Resolution: 800× 480(dots)
- ◆ Touch: 4-wire resistive touch
- ◆ Dimensions: 121.11*77.93(mm)
- ◆ Weight: 175(g)

【Hardware Description】



- ① USB interface: Get 5V Power from USB, If ④-13*2 Pin Socket has been connected, that this USB interface can be No Connect.
- ② HDMI interface: For HDMI transmission.
- ③ Backlight Power switch: Controls the backlight turned on and off to save power.
- ④ 13*2 Pin Socket: Get 5V Power from raspberry Pi to LCD, at the same time transfer touch signal back to raspberry Pi.
- ⑤ extended interface: extended The ④-13*2 Pin Socket signal Pin-to-Pin.

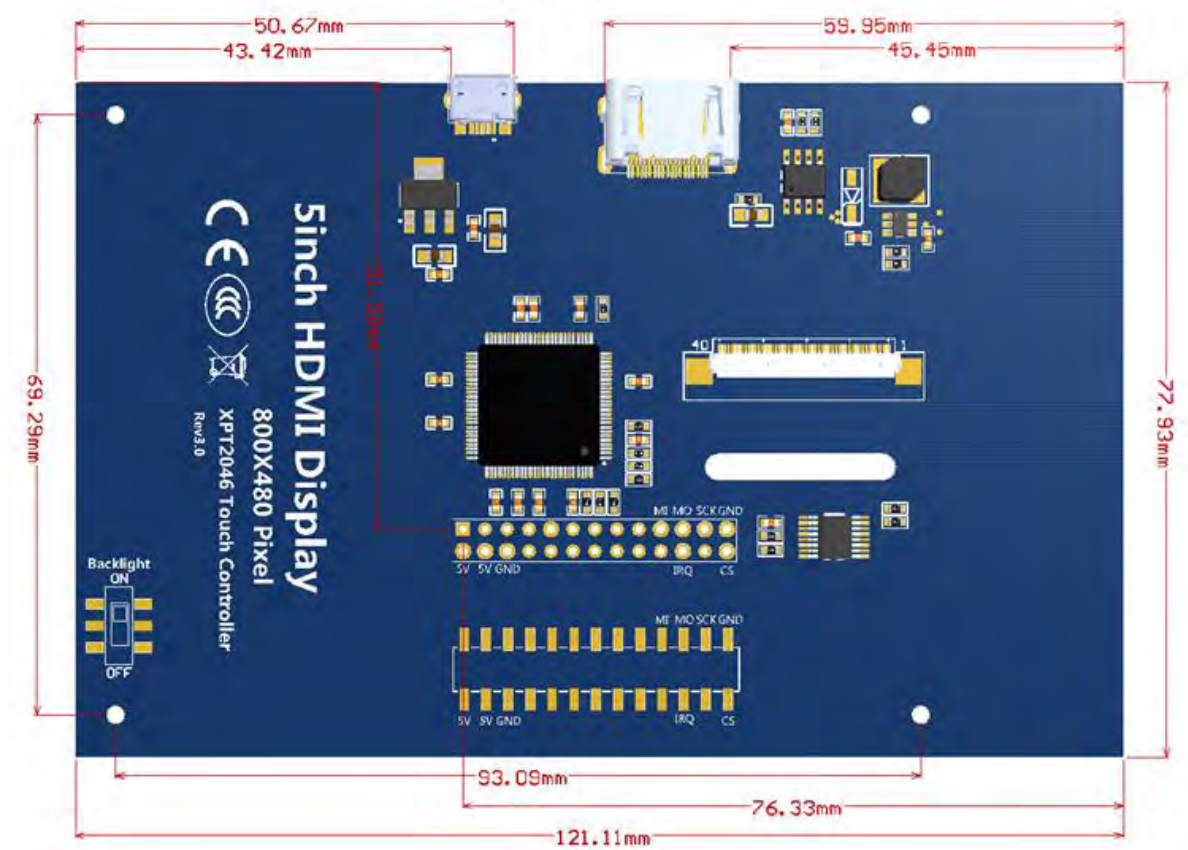
【Pin Map】



Description	Pin	NO.	NO.	Pin	Description
Power input(5V)	5V	2	1	3.3V	NC
Power input(5V)	5V	4	3	SDA	NC
Power GND	GND	6	5	SCL	NC
NC	TX	8	7	P7	NC
NC	RX	10	9	GND	Power GND
NC	P1	12	11	P0	NC
Power GND	GND	14	13	P2	NC
NC	P4	16	15	P3	NC
NC	P5	18	17	3.3V	NC
Power GND	GND	20	19	MI	TP SPI Bus input(MOSI)
TP Interrupt	IRQ	22	21	MO	TP SPI Bus output(MISO)
NC	CE0	24	23	SCK	TP SPI Bus Clock(SCLK)
TP Chip Sselect	TCS	26	25	GND	Power GND

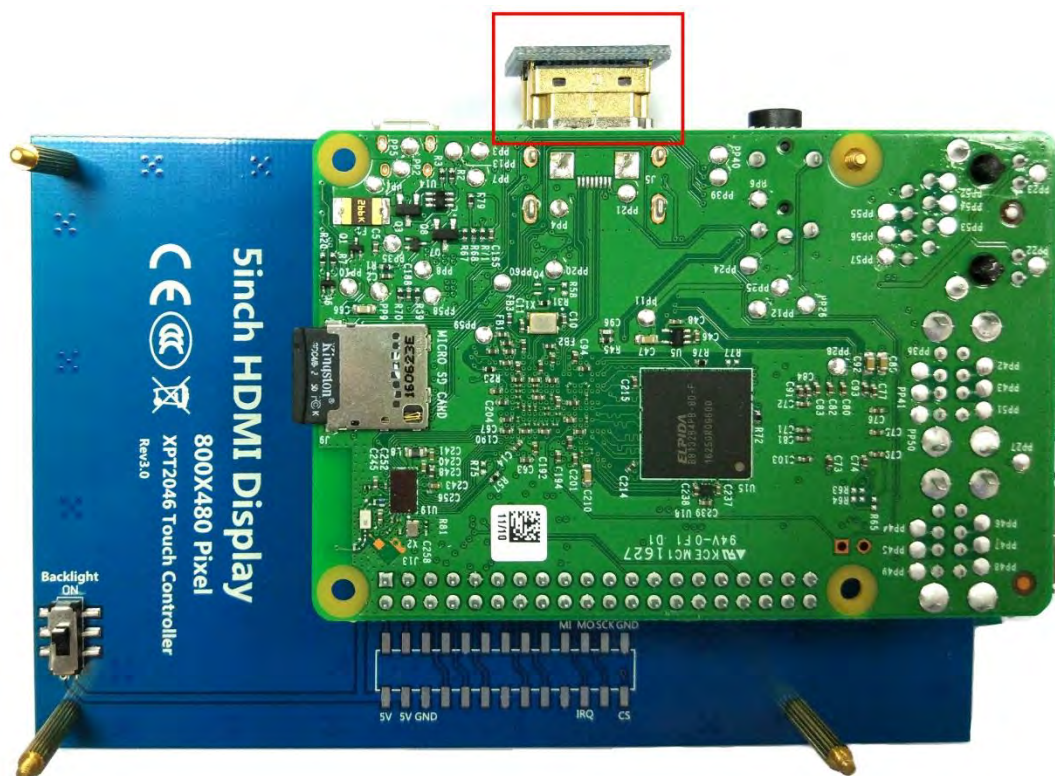
- 1) "NC" means No Connected, The Pins "NC" do not used by this LCD.
- 2) IF only used for display(without touch), you can let this 13*2 Pin to be free, just connect USB and HDMI signal to make it display.
- 3) 13*2 Pin signals all extended for User.

【Dimensions】



【Connect with Raspberry Pi】

1) Connect The LCD 13*2 Pin socket to Raspberry Pi as the Picture show above.



2) Connect The LCD and Raspberry Pi with the HDMI adapter.

【How to use with Raspbian & Ubuntu Mate】

◆ Step 1, Install Raspbian or UbuntuMate official image

- 1) Download from the official website: <https://www.raspberrypi.org/downloads/>
Or <https://ubuntu-mate.org/download/>
- 2) Format TF card by SDFormatter
- 3) Burn the official image into TF card by using Win32DiskImager.

◆ Step 2, Install Driver

Method 1: online installation (raspberry Pi need to connect to the Internet)

- 1) Log onto the Raspberry Pi by Putty SSH (User: pi; Password: raspberry)
- 2) Execute the following command (you can click the right mouse button to paste after copied in Putty)

```
git clone https://github.com/goodtft/LCD-show.git
chmod -R 755 LCD-show
cd LCD-show/
sudo ./LCD5-show
```

- 3) Wait for a moment after executing , then you can use the corresponding raspberry LCD.

Method 2: offline installation

- 1) Scan the qr code on the right side Or copied the "LCD - show - 160701. The tar. gz" drive from DVD to raspberry Pi system card root directory; (Suggestion: copy flash driver directly to TF card after completion of Step 1, or copy by SFTP or other methods for remote copy).
- 2) Unzip and extract drive files as the following command:



```
cd /boot
sudo tar zxvf LCD-show-160701.tar.gz
cd LCD-show/
sudo ./LCD5-show
```

- 3) Wait for a moment after executing, then you can use the corresponding raspberry LCD.

【How to use as PC Monitor】







- ◆ Connected the computer HDMI output to the LCD HDMI interface by HDMI cable.
- ◆ Connected the LCD MicroUSB to computer's USB port by USB cable.
- ◆ If you have multiple monitors, please pull the other displayer, and make this LCD as the only displayer for testing.
- ◆ As computer monitors, the touch function will not be available.

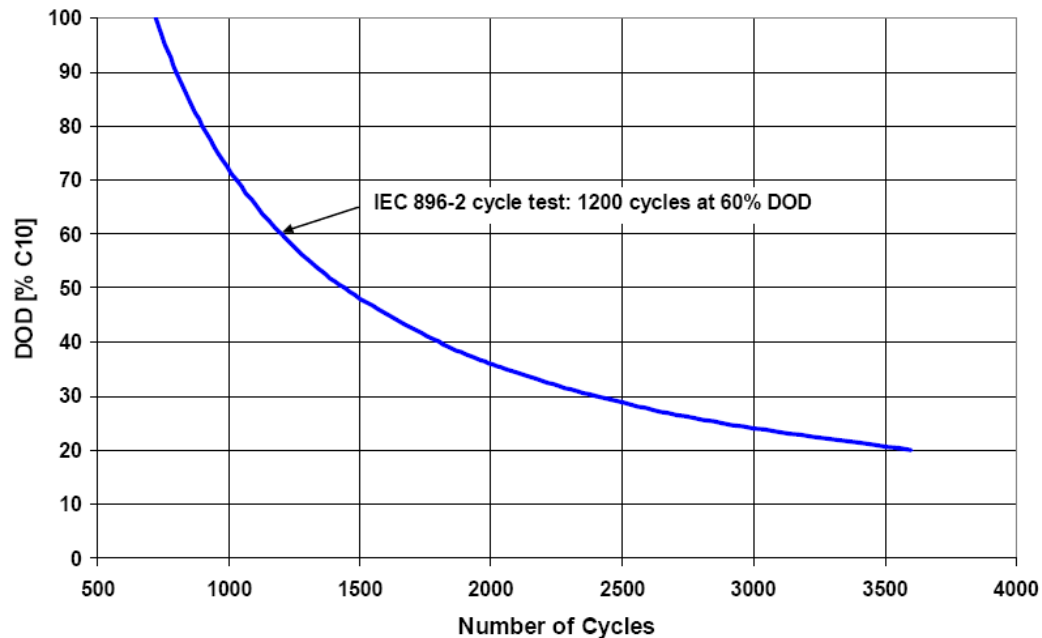
1.4. Bateria

1.4.1. Exide de gel tipo SB12 / 185 A



Solar Block

	Vida en ciclos: 1200 al 60% DOD
	Placa Plana
	Batería de plomo-ácido regulada por válvula
	Seguridad contra descargas profundas
	Sin mantenimiento (sin relleno)
	Reciclable



TIPO	VOLTS	CAPACIDAD C100 1,8VpC 20°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA			PESO Kg
SB12/60 A	12	60	278	175	190	19,0
SB12/75 A	12	75	330	171	236	26,5
SB12/100 A	12	100	513	189	223	36,5
SB12/130 A	12	130	513	223	223	45,5
SB12/185 A	12	185	518	274	238	62,5
SB6/200 A	6	200	246	192	275	29,0
SB6/330 A	6	330	312	182	359	47,0



Type	C ₁ 1.70 Vpc	C ₅ 1.70 Vpc	C ₁₀ 1.70 Vpc	C ₂₀ 1.75 Vpc	C ₁₀₀ 1.80 Vpc
SB 6/200 A	104	153	162	180	200
SB 6/330 A	150	235	260	280	330
SB12/60 A	34.0	45.0	52.0	56.0	60.0
SB12/75 A	48.0	60.0	66.0	70.0	75.0
SB12/100 A	57.0	84.0	89.0	90.0	100
SB12/130 A	78.0	101	105	116	130
SB12/185 A	103	150	155	165	185

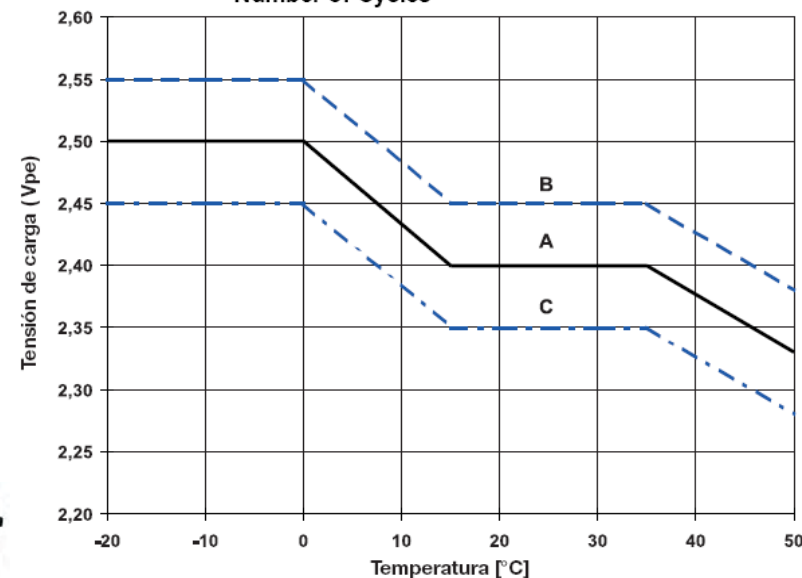



Fig. 1: Tensión de carga vs. Temperatura para aplicación solar. Tipos de carga:

- 1) Con conmutador (2 pasos) Cargar de acuerdo a la curva B (máx. tensión) máximo 2 horas al día y pasar a la carga continua de C.
- 2) Carga Standard (sin conmutador) Curva A
- 3) Carga rápida (carga de igualación con cargador externo) Carga con curva B un máximo de 5h. al mes, después pasar a C.

Aplicaciones

 Fotovoltaica

BATERÍA SOLAR

Baterías Estacionarias



Diseño actualizado
Cincuenta años de experiencia

Características inmejorables
Tecnología robusta y flexible

Diseñado para entornos industriales
Prestación y fiabilidad

Configuración tradicional
Potencia y control



Fig. 1: Baterías estacionarias Sonnenschein A700

APLICACIONES

El rango de baterías Sonnenschein Solar Bloc es muy resistente y fiable en aplicaciones en condiciones adversas. Además del uso en áreas privadas como segundas viviendas con más de demanda de consumo, esta gama es la fuente de energía ideal para sistemas solares industriales de mediana potencia, pequeñas centrales de generación de energía eólica y solar, boyas y señales marítimas, embarcaciones y estaciones de medida y control, así como para otros suministros de energía de equipos de seguridad.

CARACTERÍSTICAS



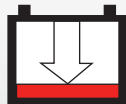
Bat. plomo-ácido reg. por válvula



Cn: 60 - 330 Ah



Monobloc



A prueba de descargas profundas de acuerdo a DIN 43539 Parte 5



Placa rejilla

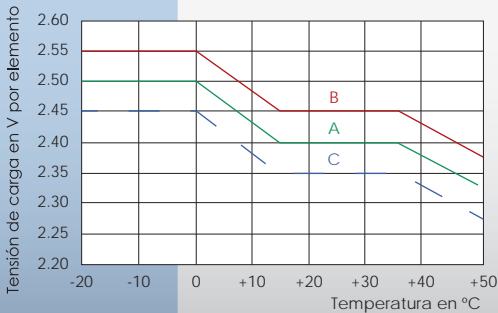


Reciclable



Libres de mantenimiento

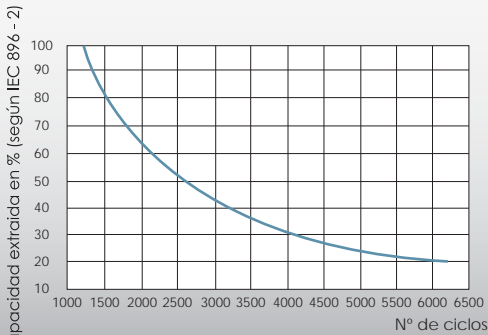
MODO DE CARGA



Modo de carga

- 4) con regulador de conmutación (controlador de 2 etapas)
-cargar según curva B (máx. voltaje de carga) durante 2h/día como máximo, y después pasa a carga continua - curva C
- 5) carga estándar (sin conmutación) - curva A
- 6) carga rápida (carga de igualación con un generador externo)
-cargar según curva B durante 5h/mes como máximo, y después pasar a curva C

VIDA EN CICLOS



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tipo	Código	Voltaje nominal	Capacidad Nominal (C ₁₀₀ 1.8 V/C Ah)	Intensidad de descarga I ₁₀₀ (A)	Largo (l) (mm)	Ancho (b/w) (mm)	Alto (h1) (mm)	Alto* (h2) (mm)	Peso approx. (Kg)	Resistencia interna (mOhm)	Posición de terminales
SB12/60 A	NGSB120060HSOCA	12	60	0.60	278	175	-	190	20	A - Terminal	1
SB12/75 A	NGSB120075HSOCA	12	75	0.75	330	171	214	236	28	A - Terminal	2
SB12/100 A	NGSB120100HSOCA	12	100	1.00	513	189	195	223	39	A - Terminal	3
SB12/130 A	NGSB120130HSOCA	12	130	1.30	513	223	195	223	48	A - Terminal	3
SB12/185 A	NGSB120185HSOCA	12	185	1.85	518	274	216	238	65	A - Terminal	3
SB6/200 A	NGSB060200HSOCA	6	200	2.00	190	244	254	275	31	A - Terminal	4
SB6/330 A	NGSB060330HSOCA	6	330	3.30	312	182	337	359	48	A - Terminal	4

tecnibat_group
tecnibat

BATERÍA SOLAR

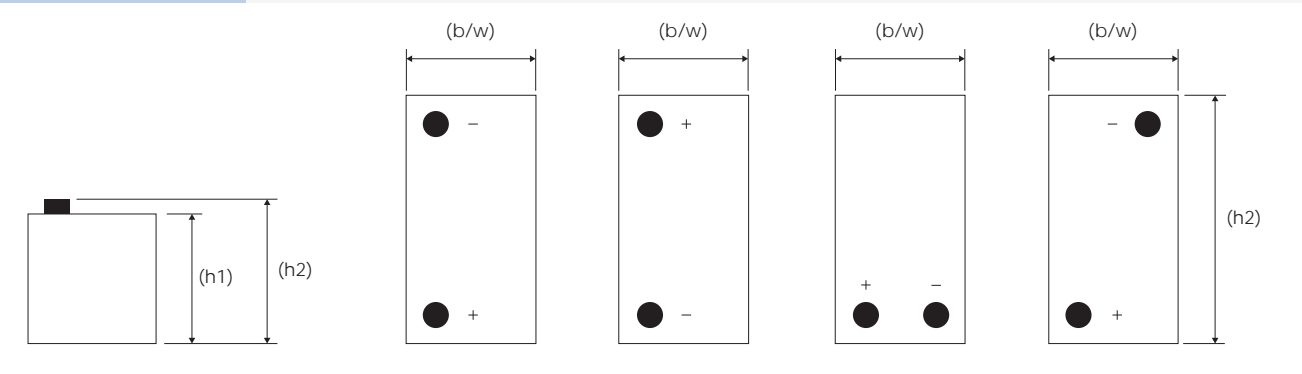
Batería estacionaria



CAPACIDADES

Capacidades C1 - C100 (20 °C)					
Tipo	C1 1.70 V/C	C5 1.70 V/C	C10 1.70 V/C	C20 1.70 V/C	C100 1.80 V/C
SB12/60 A	34	45	52	56	60
SB12/75 A	48	60	66	70	75
SB12/100 A	57	84	89	90	100
SB12/130 A	78	101	105	116	130
SB12/185 A	103	150	155	165	185
SB6/200 A	104	153	162	180	200
SB6/330 A	150	235	260	280	330

POSICIÓN DE TERMINALES



tecnibat_group

Camí d'Albal, 127
46469 Beniparrell
Valencia
Spain
telf: +34 961 21 70 21
email: tecnibat@tecnibat.com

www.tecnibat.com



Marathon L-XL / XL12V50

INDUSTRIAL BATTERIES / NETWORK POWER

Diseñadas para durabilidad en aplicaciones de telecomunicaciones y servicios eléctricos, la gama de producto Marathon L/XL proporciona un alto rendimiento y fiabilidad en aplicaciones con descargas de media y larga duración.

Código: NAXL120050HM0FA

APLICACIONES



ESPECIFICACIONES

- Libres de mantenimiento (sin relleno) durante toda la vida útil
- Tecnología de alta compresión Absorbent Glass Mat (AGM)
- >12 años de vida de diseño - "Very Long Life" de acuerdo a clasificación EUROBAT 2015
- Disponibles en versión estándar o retardante de llama (UL 94-V0)
- Placas de rejilla con aleación de plomo-calcio superior para una resistencia a la corrosión excelente
- Muy baja formación de gases debido a la recombinación interna de gas (99 % efficiency)
- Baja tasa de autodescarga, lo que permite una capacidad de almacenamiento prolongada
- Diseñado de acuerdo con IEC 60896-21 /-22
- Aprobación: UL (Underwriter Laboratories)
- Transporte sin problemas de bloques y celdas operacionales. no hay restricciones para la mayoría del transporte por ferrocarril, carretera, mar y aire (IATA, DGR cláusula A67)
- Fabricado en Europa en nuestras plantas de producción con certificación ISO 9001



Design Life
> 12 años –
Very Long Life



Bloques de
batería /
Elementos



Placas
de rejilla



Reciclable



Batería de
plomo ácido
regulada
por válvula



Libre de
mantenimiento
(sin relleno)



Alto
rendimiento
frente a altas
descargas

RECICLE CON EXIDE.



Exide Technologies se enorgullece de su compromiso con un medio ambiente mejor. Se ha desarrollado un enfoque integrado para la fabricación, distribución y reciclaje de baterías de plomo-ácido para garantizar un ciclo de vida seguro y responsable para todos sus productos.



Para más información por
favor contacte con
[su distribuidor local](#)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DATOS

Tensión nominal	12 V
Carga de flotación	2,27 V/C @ 20 °C
Capacidad	CP 10min 1,6V/C 20°C 1290W/Bloc CC 10h 1,8V/C 20°C 50Ah
Corriente de cortocircuito	1367 A (IEC60896-21/22)
Resistencia interna	9,2 mΩ (IEC60896-21/22)

Conector	F - M6
Conector Torque	11 Nm
Contenedor	UL 94-HB (Polypropylene)
Rango de temperatura	-40°C to 55°C
Dimensiones (l x b/w x h)	220 x 172 x 235 mm
Peso	19,1 kg
Origen	Castanheira, Portugal

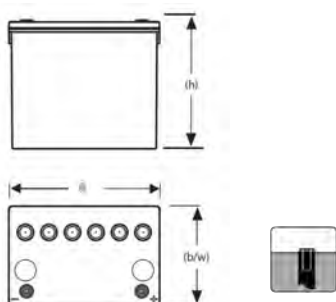
DESCARGA A POTENCIA CONSTANTE

W @ 20 °C	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1 h	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1,900 V/C	1064	820	699	597	483	376	314	186	134	92,3	64,1	53,9	29,6
1,850 V/C	1335	975	813	691	545	412	338	204	147	101	69,6	58,2	31,7
1,800 V/C	1560	1115	904	762	590	443	359	218	158	106	72,8	60,3	32,3
1,750 V/C	1690	1185	958	801	612	455	365	222	162	109	75	60,9	32,6
1,700 V/C	1795	1240	990	829	629	461	371	225	165	110	76,1	61,4	32,9
1,650 V/C	1860	1270	1010	839	634	464	374	227	167	110	76,1	61,4	33,2
1,600 V/C	1895	1290	1010	850	640	466	376	228	168	110	76,1	61,4	33,4

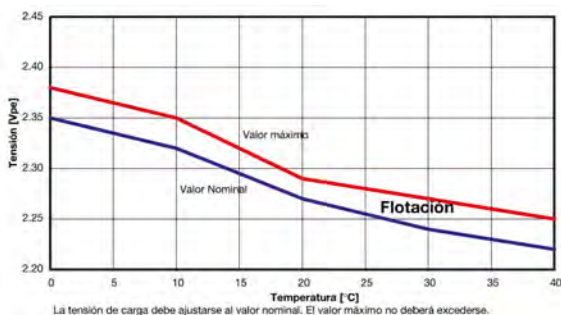
DESCARGA A CORRIENTE CONSTANTE

A @ 20 °C	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1 h	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1,950 V/C	64	64	54	47	43	35	27	22	12,6	8,9	6,2	4,4	3,9	2,1
1,900 V/C	96	96	71	59	52	41	32	26	15,4	10,7	7,8	5,4	4,6	2,6
1,850 V/C	124	124	87	69	59	46	36	29	17	12,2	8,5	5,7	4,8	2,7
1,800 V/C	145	145	99	78	67	51	39	31	18,5	13,6	8,9	5,9	5	2,8
1,750 V/C	162	162	107	83	70	53	40	31	19	13,9	9,1	6	5,2	2,9
1,700 V/C	174	174	112	86	73	55	41	32	19,2	14,1	9,2	6,1	5,3	2,9
1,650 V/C	183	183	116	89	75	56	41	32	19,4	14,3	9,3	6,1	5,3	2,9
1,600 V/C	190	190	120	91	76	57	42	33	19,6	14,4	9,3	6,1	5,3	2,9

Dibujo técnico



Tensión de flotación vs. Temperatura



Sonnenschein SOLAR BLOCK / SB12/60 A

INDUSTRIAL BATTERIES / NETWORK POWER

La gama de baterías Sonnenschein SOLAR BLOCK es muy potente y fiable en aplicaciones donde las condiciones de operación sean difíciles. Esta gama es la fuente de energía ideal para sistemas solares industriales medianos, casas de vacaciones y fines de semana, estaciones de energía eólica, así como para otras fuentes de alimentación de equipos de seguridad.

Código: **NGSB120060HS0CA**

APLICACIONES



ESPECIFICACIONES

- Larga vida almacenada hasta 2 años a 20°C sin recarga debido a la muy baja tasa de autodescarga
- Diseñado de acuerdo con IEC 61427 e IEC 60896-21 / 22
- Fabricado en Europa en nuestras plantas de producción con certificación ISO 9001
- Transporte sin problemas de bloques operacionales, sin restricciones para el transporte por ferrocarril, carretera, mar y aire (IATA, DGR, cláusula A67)
- Aprobación: UL (Underwriter Laboratories), DNV GL (Germanischer Lloyd)



Bloques de batería



Placas de rejilla



Reciclable



Batería de plomo ácido regulada por válvula



A prueba de descarga profunda



Libre de mantenimiento (sin relleno)



1.200 ciclos a 60% de profundidad de descarga C₁₀

RECICLE CON EXIDE.



Exide Technologies se enorgullece de su compromiso con un medio ambiente mejor. Se ha desarrollado un enfoque integrado para la fabricación, distribución y reciclaje de baterías de plomo-ácido para garantizar un ciclo de vida seguro y responsable para todos sus productos.



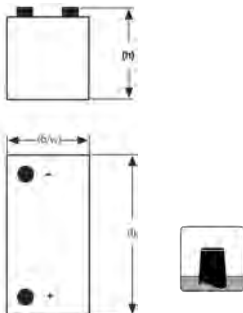
Para más información por favor contacte con [su distribuidor local](#)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DATOS

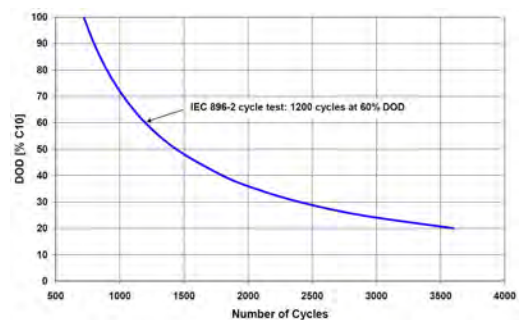
Tensión nominal 12 V

Conector	A
Conector Torque	8 Nm
Contenedor	PP (Polypropylene)
Rango de temperatura	-40°C to 55°C
Dimensiones (l x b/w x h)	278 x 175 x 190 mm
Peso	18 kg
Origen	Büdingen, Alemania






Dibujo técnico



Número de ciclos vs. DoD







L y XL: Eurobat → Very Long Life

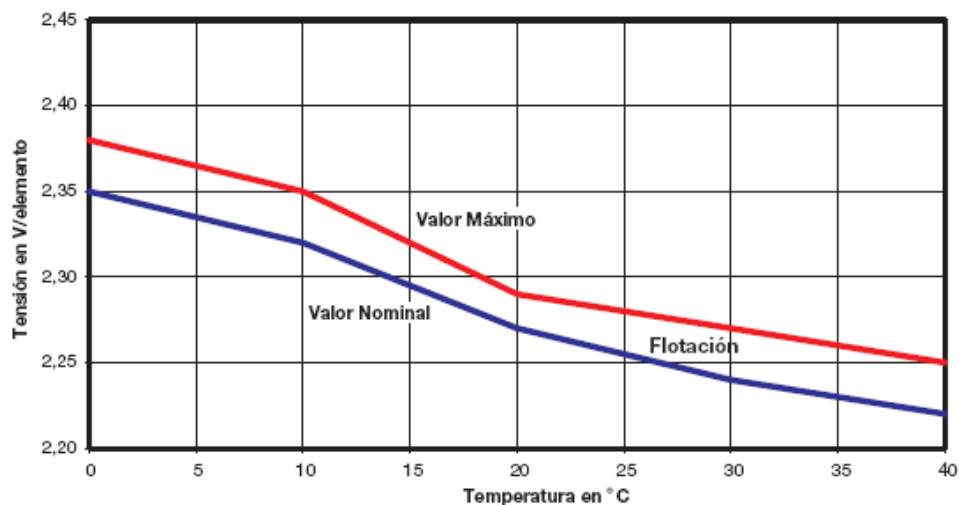
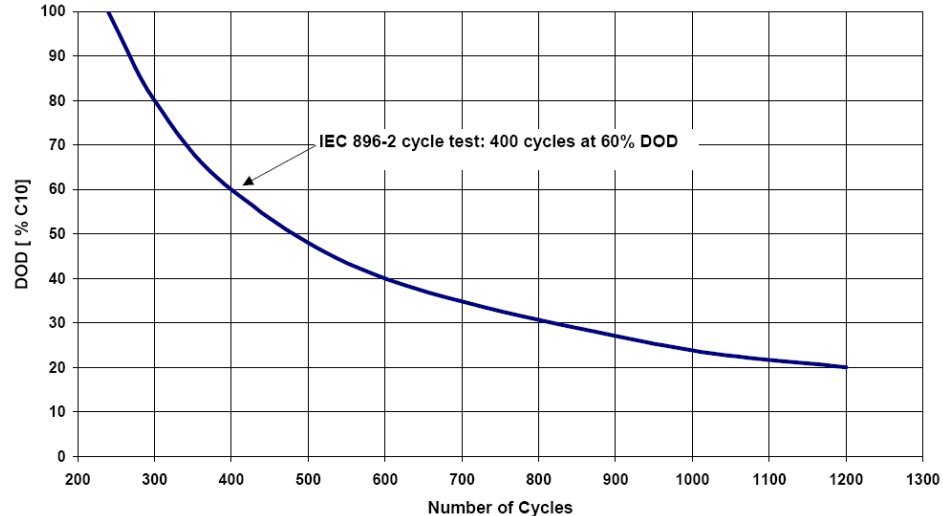
	Vida de diseño 12 años (stand by) ó 400 ciclos
	Placa Plana
	Batería de plomo-ácido regulada por válvula
	Sin mantenimiento (sin relleno)
	Reciclable

TIPO	VOLTS	C20 1,8VpC 20°C Ah	C10 1,8VpC 20°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA			PESO Kg
L12V15	12	14,4	14	181	76	167	6,5
L12V24	12	24	23,5	168	127	174	9,5
L12V32	12	33	31,5	198	168	175	13,5
XL12V50	12	55,4	50,4	220	172	235	19,5
XL12V70	12	71,8	66,6	262	172	239	24,6
XL12V85	12	90,8	85,7	309	172	239	29,3
L6V110	6	118	112	272	166	190	23,0
XL6V180	6	187	179	309	172	241	30,0
L2V220	2	236	220	208	135	282	16,0
L2V270	2	289	270	208	135	282	18,3
L2V320	2	346	320	208	201	282	24,2
L2V375	2	404	375	208	201	282	26,5
L2V425	2	456	425	208	201	282	28,8
L2V470	2	507	470	208	270	282	32,6
L2V520	2	559	520	208	270	282	35,0
L2V575	2	618	575	208	270	282	37,3



Aplicaciones

	Alumbrado de emergencia
	Seguridad
	UPS
	Telecomunicaciones



1.5. Cargador de batería

1.5.1. Genius G7200 EU





G7200

7.2A (7200mA)
12V & 24V

Owner's Manual & User Guide

WARNING



Risk of SERIOUS INJURY OR DEATH.

**ELECTRICAL SHOCK, EXPLOSION,
FIRE, AND EYE INJURY HAZARDS.**

PROTECT YOURSELF AND OTHERS.

Before use, **READ AND UNDERSTAND**
the manufacturer's instructions and
Owner's Manual and User Guide.

Failure to read and understand this
information could result in **SERIOUS
INJURY** or **DEATH**.

**DO NOT REMOVE OR COVER THIS
INFORMATION.**

WELCOME!

Thank you for buying the
**NOCO Genius G7200. SAVE
THESE INSTRUCTIONS.** This
Owner's Manual and User Guide
contains important safety and
operating instructions for model
G7200.

WHAT'S IN THE BOX:

- **G7200 Charger**
- **Battery Clamp Connectors**
- **Eyelet Terminal Connectors**
- **Owner's Manual & User Guide**
- **Product Registration Card**

CONTACTING NOCO GENIUS

About Our Products

For questions regarding our products,
you can contact technical support at:

Phone: 1.800.456.6626

Email: support@geniuschargers.com

You can also find troubleshooting tips
in this manual. See the section called
"Troubleshooting." You can also find
our troubleshooting tips online at:
geniuschargers.com/troubleshooting

About Our Products

NOCO Genius is a brand
of Wicked Smart Battery
Chargers developed by The
NOCO Company.

THE NOCO COMPANY

23200 Commerce Park
Cleveland, OH 44122-5921
United States of America

Hours of Operation:

Between 8AM & 5PM (EST)
Monday through Friday

CONTENTS 1

SAFETY & PRECAUTIONS	2
PERSONAL PRECAUTIONS	6
BEFORE CHARGING	6
LOCATING BATTERY CHARGER	7
MOUNTING BATTERY CHARGER	7

USING THE G7200	
BATTERY SPECS	8
CHARGE MODES	8
CONNECTING TO THE BATTERY	11
HOW TO START CHARGING	13
USING 13.6V SUPPLY	14
USING 16V BOOST	15
USER INTERFACE	16
FEATURE OVERVIEW	18
CHARGING STEPS	20
CHARGING TIMES	22
MAINTENANCE	22

TECHNICAL SPECS	23
------------------------	-----------




TROUBLESHOOTING	24
------------------------	-----------



LIMITED WARRANTY	29
REGISTER MY BATTERY CHARGER	31




Manuel du propriétaire et guide de l'utilisateur en français	33
---	-----------



Manual del usuario y guía de usuario en español	67
--	-----------

IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

 DANGER	
	ELECTRICAL SHOCK HAZARD CHARGER IS AN ELECTRICAL DEVICE THAT CAN SHOCK AND CAUSE SERIOUS INJURY. DO NOT CUT POWER CORDS. DO NOT SUBMERGE IN WATER OR GET CHARGER WET.
	EXPLOSION HAZARD UNMONITORED, INCOMPATIBLE, OR DAMAGED BATTERIES CAN EXPLODE IF USED WITH CHARGER. DO NOT LEAVE CHARGER UNATTENDED WHILE IN USE. DO NOT ATTEMPT TO CHARGE DAMAGED OR FROZEN BATTERIES. USE CHARGER ONLY WITH BATTERIES OF RECOMMENDED VOLTAGE. OPERATE CHARGER ONLY IN WELL-VENTILATED AREAS.

 WARNING	
	FIRE HAZARD CHARGER IS AN ELECTRICAL DEVICE THAT EMITS HEAT AND CAN BURN. DO NOT COVER CHARGER. DO NOT SMOKE OR USE ANY OTHER SOURCE OF ELECTRICAL SPARK OR FIRE WHEN OPERATING CHARGER. KEEP CHARGER AWAY FROM COMBUSTIBLE MATERIALS.
BATTERY POSTS, TERMINALS, AND RELATED ACCESSORIES CONTAIN CHEMICALS, INCLUDING LEAD, KNOWN TO THE STATE OF CALIFORNIA TO CAUSE CANCER AND BIRTH DEFECTS OR OTHER REPRODUCTIVE HARM. ALWAYS WASH YOUR HANDS AFTER HANDLING THESE PRODUCTS.	

 WARNING		
	EYE INJURY HAZARD BATTERIES CAN EXPLODE AND CAUSE FLYING DEBRIS. BATTERY ACID CAN CAUSE EYE IRRITATION. WEAR EYE PROTECTION WHEN OPERATING CHARGER. AVOID CONTACT WITH EYES AND WASH HANDS AFTER USING CHARGER. IN CASE OF EYE CONTACT, FLUSH AFFECTED AREA WITH PLENTY OF WATER.	

 WARNING	
	RISK OF EXPLOSIVE GASES WORKING IN VICINITY OF A LEAD-ACID BATTERY IS DANGEROUS. BATTERIES GENERATE EXPLOSIVE GASES DURING NORMAL BATTERY OPERATION. FOR THIS REASON, IT IS OF UTMOST IMPORTANCE THAT YOU FOLLOW THE INSTRUCTIONS EACH TIME YOU USE THE CHARGER. To reduce risk of battery explosion, follow these instructions and those published by battery manufacturer and manufacturer of any equipment intended to be used in vicinity of battery. Review cautionary marking on these products and on engine.

⚠ CAUTION

Do not expose charger to rain or snow.

Use of an attachment not recommended or sold by the battery charger manufacturer may result in a risk of fire, electric shock, or injury to persons.

To reduce risk of damage to electric plug and cord, pull by plug rather than cord when disconnecting charger.

Do not operate charger with damaged cord or plug – replace the cord or plug immediately.

Do not operate charger if it has received a sharp blow, been dropped, or otherwise damaged in any way; take it to a qualified serviceman.

Do not disassemble charger; take it to a qualified serviceman when service or repair is required. Incorrect reassembly may result in a risk of electric shock or fire.

To reduce risk of electric shock, unplug charger from outlet before attempting any maintenance or cleaning. Turning off controls will not reduce this risk.

DO NOT USE EXTENSION CORDS unless absolutely necessary. Using an improper extension cord could result in a risk of fire and electric shock and may result in property damage, personal injury or death. If extension cord must be used, make sure that:

- 1.) The pins on the extension cord plug have the same number, size, and shape as those of the AC power cord plug on the charger.
- 2.) The extension cord is properly wired and is in good electrical condition.
- 3.) The wire size is as specified in Table I below:

TABLE 1: RECOMMENDED MINIMUM AWG SIZE FOR EXTENSION CORDS FOR BATTERY CHARGERS

AC INPUT RATING, AMPERES*		AWG SIZE OF CORD			
		Length Of Cord, Feet (m)			
Equal To Or Greater Than	But Less Than	25 (7.6)	50 (15.2)	100 (30.5)	150 (45.6)
0	2	18	18	18	16
2	3	18	18	16	14
3	4	18	18	16	14
4	5	18	18	14	12
5	6	18	16	14	12
6	8	18	16	12	10
8	10	18	14	12	10
10	12	16	14	10	8
12	14	16	12	10	8
14	16	16	12	10	8
16	18	14	12	8	8
18	20	14	12	8	6

*If the input rating of a charger is given in watts rather than amperes, the corresponding ampere rating is to be determined by dividing the wattage rating by the voltage rating - for example:

$$1250 \text{ watts} / 125 \text{ volts} = 10 \text{ amperes}$$

PERSONAL PRECAUTIONS

USE THE FOLLOWING PRECAUTIONS WHEN YOU WORK NEAR LEAD-ACID BATTERIES:

- Someone should be within range of your voice or close enough to come to your aid if you have an accident.
- Have plenty of fresh water and soap nearby in case battery acid contacts skin, clothing, or eyes.
- Wear complete eye protection and protective clothing. Avoid touching your eyes while working near a battery. If battery acid contacts your skin or clothing, wash immediately with soap and water. If acid enters an eye, immediately flood the eye with running cold water for at least ten (10) minutes and seek medical attention as soon as possible.
- Be extra cautious when handling metal tools around a battery. If you drop a metal tool near a battery, it might spark or create a short circuit between the battery terminals and some other metal part. Either event may cause a dangerous electrical shock hazard, a fire, or even an explosion, resulting in property damage, personal injury, or death.
- Never smoke or allow an open spark or flame in the vicinity of the battery or engine.
- Remove all personal items made of metal, such as, rings, bracelets, necklaces, and watches when working with a lead-acid battery. A lead-acid battery can produce a short-circuited current high enough to weld a metal ring or other piece of jewelry, causing a severe burn.
- This battery charger is for charging LEAD-ACID BATTERIES ONLY. DO NOT USE THE BATTERY CHARGER FOR DRY-CELL BATTERIES THAT ARE COMMONLY USED WITH HOME APPLIANCES. THESE TYPES OF BATTERIES MAY BURST AND MAY CAUSE PROPERTY DAMAGE, PERSONAL INJURY OR DEATH.
- NEVER charge a frozen battery.

BEFORE CHARGING

- To avoid an electric arc (or spark), turn off or disconnect all of the accessories in the vehicle. Always remove the cable that is connected to grounded terminal from battery first.
- Make sure the area around the battery is well-ventilated while the battery is being charged. If necessary, use a non-metallic material to blow away the gas

in the area.

- If necessary, clean the battery terminals. Be careful to keep the corrosion and other debris from coming in contact with your skin or eyes.
- If the battery is not a sealed battery, add distilled water to each cell (if necessary) until the battery acid solution reaches the level specified by battery manufacturer. Do not overfill. For a battery without cell caps, such as a valve regulated lead-acid battery (VRLA), carefully follow the battery manufacturer's charging instructions.
- Before charging, carefully read the battery manufacturer's specific precautions and recommended rates of charge.
- Determine the voltage of the battery by referring to the vehicle's owner's manual and make sure that the charge mode is set at the correct voltage.
- Connect and disconnect the DC output cables only after the battery charger is placed in the STANDBY mode and the AC cord is removed from the electrical outlet. Never allow the battery clamp or eyelet terminal connectors to touch each other.

LOCATING BATTERY CHARGER

- Locate the battery charger as far away from the battery as possible.
- Never place the battery charger directly above the battery; gases from battery will corrode and damage battery charger.
- When reading electrolyte specific gravity or filling battery, never allow battery acid to come in contact with the battery charger.
- Do not operate the battery charger in a closed-in area or an area with restricted ventilation.
- Do not set a battery on top of battery charger.

MOUNTING BATTERY CHARGER

The G7200 has four (4) external mounting holes in the casing of the battery charger enclosure. These external mounting holes can be used to mount the battery charger permanently in a desired location for battery charging. When mounting the battery charger to a fixed location, keep in mind the distance to the battery from the battery charger. The cable length from the battery charger with either the battery clamp or eyelet terminal connectors is approximately 72" (6'). Allow for at least 12" (1') of slack in the battery connections. Thus, we recommend not to extend the battery connections past 60" (5').

BATTERY SPECS

The following recommendations should ONLY be considered as guidelines. Always refer to the battery manufacturer's recommendations for battery charging. The G7200 is suitable for charging all types of 12V & 24V lead-acid batteries, including Wet (Flooded), Gel, MF (Maintenance-Free) and AGM (Absorption Glass Mat) batteries. The G7200 can be used on battery sizes from 14 to 230Ah (12V) and 14-120Ah (24V). The battery charger can also maintain all sizes of 12V & 24V batteries.

CHARGE MODES

The G7200 is equipped with six (6) charging modes, 12V NORM, 12V COLD/AGM, 24V NORM, 24V COLD/AGM, 13.6V SUPPLY and 16V BOOST. Before selecting a charge mode, it is important to understand the differences and the purpose of each mode. The charge modes are explained below:

MODE	EXPLANATION
12V NORM 14.4V 14-230Ah 7.2A (7200mA) Red LED	The "normal" ("NORM") charge mode is for charging 12V Wet Cell, Maintenance-Free and Gel Cell batteries. If you are unsure of the chemistry of your battery, use the NORM charge mode. When selected, a Red LED will illuminate.
12V COLD/AGM 14.7V 14-230Ah 7.2A (7200mA) Blue LED	The COLD/AGM charge mode is for charging 12V batteries in cold weather and AGM (also known as "spiral wound") batteries. If a battery's (Wet, Gel, MF or AGM) temperature is below 32°F (0°C), use the COLD/AGM charge mode. If you are unsure of the chemistry of your battery, DO NOT use this charge mode, and use the NORM charge mode instead. When selected, a Blue LED will illuminate.

CHARGE MODES continued

MODE	EXPLANATION
24V NORM 28.8V 14-120Ah 3.6A (3600mA) Red LED	The "normal" ("NORM") charge mode is for charging 24V Wet Cell, Maintenance-Free and Gel Cell batteries. If you are unsure of the chemistry of your battery, use the NORM charge mode. When selected, a Red LED will illuminate.
24V COLD/AGM 29.4V 14-120Ah 3.6A (3600mA) Blue LED	The COLD/AGM charge mode is for charging 24V batteries in cold weather and AGM (also known as "spiral wound") batteries. If a battery's (Wet, Gel, MF or AGM) temperature is below 32°F (0°C), use the COLD/AGM charge mode. If you are unsure of the chemistry of your battery, DO NOT use this charge mode, and use the NORM charge mode instead. When selected, a Blue LED will illuminate.

The 13.6V SUPPLY and 16V BOOST charge modes are highly specialized charging modes, as indicated by the gray box on the user interface. These charge modes should be used with CAUTION. It is extremely important you read and understand these charge modes before operating. **The 13.6V SUPPLY and 16V BOOST are for 12V LEAD-ACID BATTERIES ONLY.** The 13.6V SUPPLY and 16V BOOST charge modes are explained on the next page.

Continued On Next Page

WICKED SMART TIP

Amp Hour (Ah) is a rating that measures a battery's storage capacity. The Ah rating indicates how much amperage is available in the battery over a twenty (20) hour period. In order to determine how many constant Amps the battery can output for 20 hours, divide the Ah rating by 20. For example, if you have a 100Ah battery, it can deliver 5 Amps for 20 hours before it is fully discharged ($100 / 20 = 5$).

Now That's Smart, Wicked Smart.™

CHARGE MODES continued

MODE	EXPLANATION
13.6V SUPPLY 13.6V 14-230Ah 5A (5000mA) Red LED	<p>The 13.6V SUPPLY mode is used for low voltage batteries, maintenance charging or as a power supply. The 13.6V SUPPLY provides a constant voltage of 13.6V at 5A (5000mA). For low voltage batteries, the 13.6V SUPPLY mode will increase the battery voltage (regardless of the starting voltage) to a point where the battery charger can perform a normal charge cycle. For help with low voltage batteries, see the section entitled "Troubleshooting."</p> <p>For maintenance charging, the 13.6V SUPPLY mode will provide a "float" charge for larger capacity batteries. As a power supply (hence, SUPPLY), the 13.6V SUPPLY mode can be used to power equipment that requires 13.6V at 5A (5000mA). This mode has an overload protection feature at 6A (6000mA) max. The 13.6V SUPPLY mode can also be used as a Power Supply to act as a battery when changing or replacing a battery. When selected, a Red LED will illuminate. FOR USE WITH 12V BATTERIES ONLY.</p>
16V BOOST 16.5V 14-230Ah 1.5A (1500mA) Red LED	<p>The 16V BOOST mode is used to recover battery capacity from a stratified (sulfated) battery by applying a specialized high 16.5V (17V Max) voltage to soften and melt down sulfate from the battery plates so that the material becomes usable again. When selected, a Red LED will illuminate. FOR USE WITH 12V BATTERIES ONLY.</p>

CONNECTING TO THE BATTERY

Before you connect to the battery, make sure that the AC power plug is not connected to an electrical outlet. **DO NOT CONNECT THE BATTERY CHARGER AC POWER PLUG TO THE ELECTRICAL OUTLET UNTIL ALL OTHER CONNECTIONS ARE MADE.** Make sure you have identified the correct polarity of the battery terminals on the battery. The POSITIVE battery terminal is typically marked by these letters or symbol (POS,P,+). The NEGATIVE battery terminal is typically marked by these letters or symbol (NEG,N,-). If you are having difficulty determining the polarity of the battery terminals, see the Wicked Smart Tip below before proceeding.

IF THE BATTERY IS OUTSIDE OF THE VEHICLE

- 1.) Connect the POSITIVE (Red) battery clamp or eyelet terminal connector to the POSITIVE (POS,P,+) battery terminal.
- 2.) Connect the NEGATIVE (Black) battery clamp or eyelet terminal connector to the NEGATIVE (NEG,N,-) battery terminal. If you have accidentally reversed the polarity, an ERROR LED (Orange) will illuminate. The battery charger has an internal safety feature to protect the battery charger from damage if this situation should occur. Reverse the connections to clear the ERROR LED and proceed to the next step.
- 3.) Connect the battery charger's AC power plug into a suitable electrical outlet. **DO NOT FACE THE BATTERY WHEN MAKING THIS CONNECTION.**
- 4.) When disconnecting the battery charger, disconnect in the reverse sequence, removing the NEGATIVE first.

WICKED SMART TIP

HOW TO IDENTIFY THE POSITIVE AND NEGATIVE BATTERY

TERMINALS. The Reverse Polarity Protection feature on the G7200 is enabled even when the AC power plug is not connected. **MAKE SURE THE AC POWER PLUG IS NOT CONNECTED TO AN ELECTRICAL OUTLET.** Connect the battery clamp or eyelet terminal connectors to the battery terminals. If an ERROR LED (Orange) illuminates, the battery connections are reversed (positive to negative, and vice versa). If the ERROR LED (Orange) DOES NOT illuminate, the battery connections were made correctly. In either case, you will be able to identify the polarity of the battery terminals. Make sure to make a note of it.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

IF THE BATTERY IS INSTALLED INSIDE OF THE VEHICLE

- 1.) Position both the AC power plug and battery clamps or eyelet terminal connectors to avoid accidental damage by moving vehicle parts (i.e. hoods, doors) or moving engine parts (i.e. fan blades, belts, pulleys).
- 2.) Determine the vehicle's battery system. If the POSITIVE (POS,P,+) battery terminal is connected to the vehicle chassis, then the vehicle has a Positive Ground System. If the NEGATIVE (NEG,N,-) battery terminal is connected to the vehicle chassis, then the vehicle has a Negative Ground System. Negative Ground Systems are the most common.
- 3: **Option A)** For **Negative Ground Systems**, connect the POSITIVE (Red) battery clamp or eyelet terminal connector to the POSITIVE (POS,P,+) battery terminal. Next, connect the NEGATIVE (Black) battery clamp or eyelet terminal connector to the vehicle chassis. **DO NOT CONNECT TO THE CARBURETOR, FUEL LINES, OR THIN SHEET METAL PARTS. MAKE THE CONNECTION TO THE ENGINE BLOCK OR A HEAVY GAUGE METAL PART OF THE FRAME.**
- 3: **Option B)** For **Positive Ground Systems**, connect the NEGATIVE (Black) battery clamp or eyelet terminal connector to the NEGATIVE (NEG,N,-) battery terminal. Next, connect the POSITIVE (Red) battery clamp or eyelet terminal connector to the vehicle chassis. **DO NOT CONNECT TO THE CARBURETOR, FUEL LINES, OR THIN SHEET METAL PARTS. MAKE THE CONNECTION TO THE ENGINE BLOCK OR A HEAVY GAUGE METAL PART OF THE FRAME.**
- 4.) Connect the battery charger's AC power plug into a suitable electrical outlet. **DO NOT FACE THE BATTERY WHEN MAKING THIS CONNECTION.**
- 5.) When disconnecting the battery charger, disconnect in the reverse sequence.

WICKED SMART TIP

Positive Ground Systems are not very common nowadays. They are typically found on vintage cars (i.e. classic cars) and tractors manufactured before the early 1970's. The reason for the conversion to Negative Ground Systems was primarily due to the battery corrosion that accumulated on the positive battery terminals. It was believed that Positive Ground Systems suffered from increased battery corrosion due to the opposite polarity since anodes have an oxidation reaction and cathodes have a reduction reaction. In a battery, the cathode is the positive.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

HOW TO START CHARGING

- 1.) Confirm that you have connected the battery clamp or eyelet terminal connectors properly and the AC power plug is plugged into an electrical outlet.
- 2.) The battery charger will begin in the STANDBY mode, indicated by a Green LED. In the STANDBY mode, the battery charger is not outputting any current. By pressing the MODE button, toggle to the appropriate charge mode, based on the size and chemistry of your battery, to begin the charging process.
The 13.6V SUPPLY and 16V BOOST modes require a special selection to enter into these charge modes. See "USING 13.6V SUPPLY MODE" and "USING 16V BOOST MODE."
- 3.) Depending on the charge mode selected, an LED will illuminate the selected charge mode and the CHARGE LEDs (25%, 50%, 75%, 100%) will begin to illuminate (depending on the health of the battery), indicating the charging process has started.
- 4.) When the battery is fully charged, all the CHARGE LEDs will be a solid color (Red, Red, Yellow, Green), indicating the charge process is completed.
- 5.) The battery charger can be left connected to the battery at all times to provide maintenance charging. However, it is good practice to check the battery periodically.

WICKED SMART FEATURE

INITIALIZATION. When the battery charger is plugged into an AC electrical outlet and connected to a battery, there will be a brief (one to three seconds) delay, then all LEDs will light up for a half (1/2) second, to confirm all LEDs are operational. After the initialization, the only LED that will illuminate is the last mode selected. If not in STANDBY mode, the battery charger will begin charging after five (5) seconds. The five (5) second delay allows time to toggle through the charge modes.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

USING 13.6V SUPPLY MODE

The 13.6V SUPPLY mode is used for low voltage batteries, maintenance charging or as a power supply for 12V batteries (14-230Ah).

In order to operate the 13.6V SUPPLY mode, the battery charger **MUST NOT** be connected to the battery.

CAUTION. USE THIS MODE WITH CARE. BOTH THE SPARK PROOF AND REVERSE POLARITY SAFETY FEATURES ARE DISABLED. PAY CLOSE ATTENTION TO THE POLARITY. DO NOT ALLOW THE POSITIVE AND NEGATIVE BATTERY CLAMP OR EYELET TERMINAL CONNECTORS TO TOUCH OR CONNECT TO EACH OTHER AS THE BATTERY CHARGER COULD GENERATE SPARKS. CHECK THE POLARITY OF THE BATTERY TERMINALS BEFORE USING THIS MODE.

To operate the 13.6V SUPPLY mode, follow these steps:

- 1.) Confirm that the AC power plug is plugged into an electrical outlet, the battery charger is NOT CONNECTED TO THE BATTERY and you have a 12V battery. **THIS MODE IS FOR 12V BATTERIES ONLY.**
- 2.) Check the polarity of the battery terminals. Make sure you understand which battery terminal is POSITIVE and which one is NEGATIVE.
- 3.) Without a battery attached, PRESS and HOLD the MODE button for three (3) seconds until the Red LED illuminates, indicating the 13.6V SUPPLY mode is initiated.
- 4.) PAYING CLOSE ATTENTION TO THE POLARITY (POSITIVE TO POSITIVE, NEGATIVE TO NEGATIVE) attach the battery clamps or eyelet terminal connectors to the battery, starting with the POSITIVE cable first (NEGATIVE first, if a Positive Ground System).
- 5.) When finished, PRESS the MODE button one (1) time to exit the 13.6V SUPPLY mode and return the battery charger to STANDBY mode.

WICKED SMART TIP

After using this mode for low voltage batteries, if the battery voltage is still below 7.0VDC, repeat the steps above and try leaving the battery charger in 13.6V SUPPLY for a longer period of time. If after twenty-four (24) hours the battery voltage is still below 7.0VDC, you may have a battery in poor condition.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

USING 16V BOOST MODE

The 16V BOOST mode is used to recover battery capacity from a stratified (sulfated) 12V battery (14-230Ah).

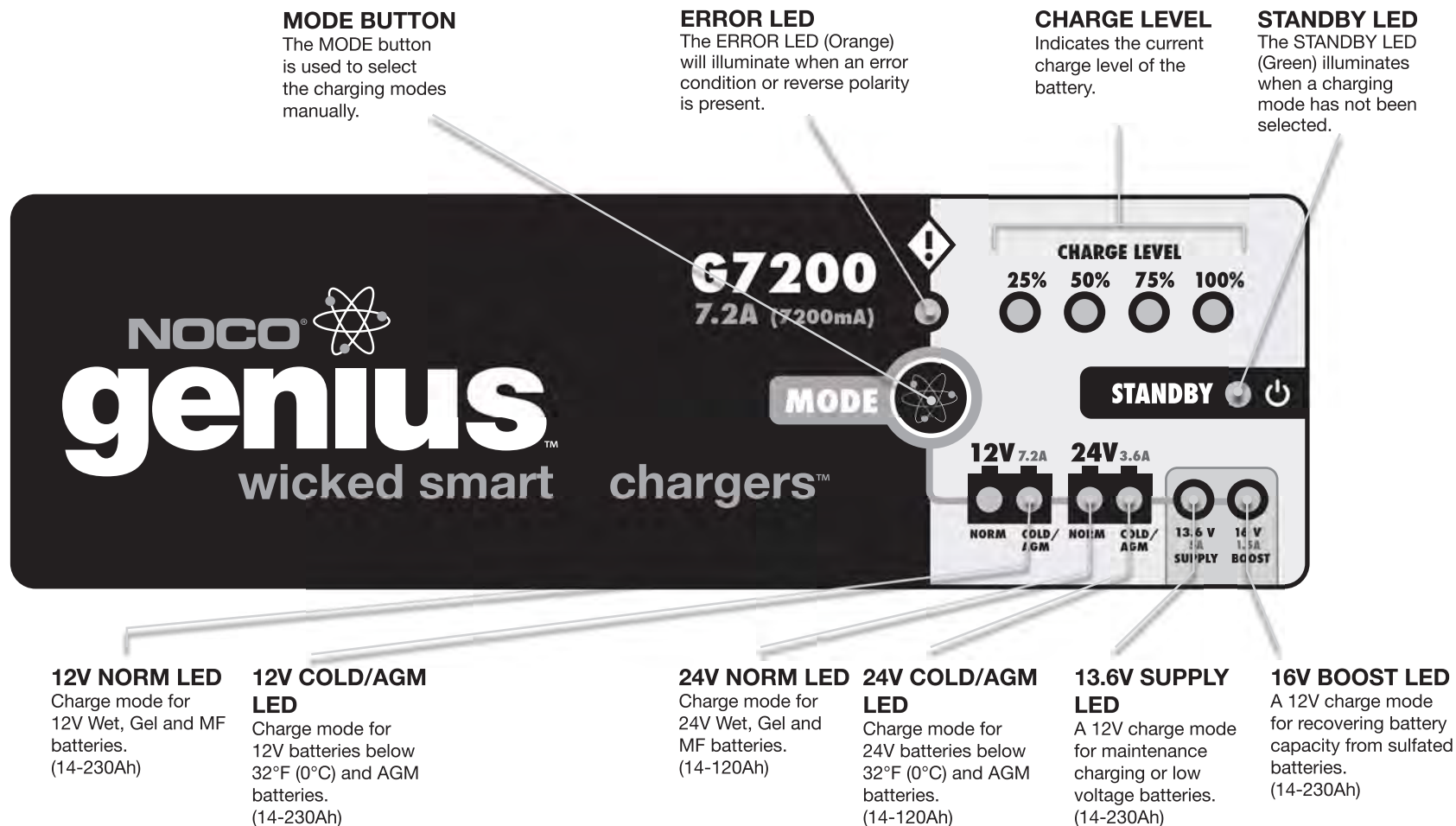
In order to operate the 16V BOOST mode, the battery charger **MUST** be connected to the battery.

CAUTION. USE THIS MODE WITH CARE. THIS MODE USES A HIGH VOLTAGE AND MAY CAUSE SOME WATER LOSS IN WET (FLOODED) CELL BATTERIES. BE ADVISED, SOME BATTERIES AND ELECTRONICS MAY BE SENSITIVE TO HIGH CHARGING VOLTAGES. FOR OPTIMAL RESULTS, TAKE THE BATTERY THROUGH A FULL CHARGE CYCLE, BRINGING THE BATTERY TO FULL CHARGE, BEFORE USING THIS MODE. TO MINIMIZE RISKS TO ELECTRONICS, DISCONNECT THE BATTERY BEFORE USING THIS MODE.

To operate the 16V BOOST mode, follow these steps:

- 1.) Confirm you have a 12V battery. **THIS MODE IS FOR 12V BATTERIES ONLY.**
- 2.) Attach the battery clamps or eyelet terminal connectors to the battery, starting with the POSITIVE cable first (NEGATIVE first, if a Positive Ground System). If you have accidentally reversed the polarity, an ERROR LED (Orange) will illuminate. The battery charger has an internal safety feature to protect the battery charger from damage if this situation should occur. Reverse the connections to clear the ERROR LED and proceed to the next step.
- 3.) Connect the battery charger's AC power plug into a suitable electrical outlet. DO NOT FACE THE BATTERY WHEN MAKING THIS CONNECTION.
- 4.) With a battery attached, PRESS and HOLD the MODE button for three (3) seconds until the Red LED illuminates, indicating the 16V BOOST mode is selected. After five (5) seconds, the Red LED will begin blinking indicating the 16V BOOST mode has been initiated.
- 5.) When finished, PRESS the MODE button one (1) time to exit the 16V BOOST mode and return the battery charger to STANDBY mode.

USER INTERFACE

**WICKED SMART FEATURE**

ERROR CONDITION. An ERROR condition could happen for multiple reasons. If an ERROR condition occurs, the ERROR LED and CHARGE LEDs (25%, 50%, 75%, 100%) will blink “on” and “off” at 5Hz. For assistance in resolving ERRORS, see the section entitled, “TROUBLESHOOTING.”

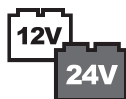
Now That’s Smart, Wicked Smart.™

WICKED SMART FEATURE

EXTENSION CABLE ACCESSORY. If you have a preferred location, but the length of the battery connectors is too short, you can use an Extension Cable to increase the length. A 10’ Extension Cable is available from NOCO Genius, Model Number GC004. Using an Extension Cable may increase the battery charge times.

Now That’s Smart, Wicked Smart.™

FEATURE OVERVIEW



12V/24V COMPATIBILITY
Charges 12V & 24V batteries



AUTO-MEMORY
Returns to last selected mode when restarted



FULLY INTERACTIVE
Automatically adjusts itself to changing current needs



DESIGNED FOR SAFETY
Reverse polarity, short circuit, open circuit, spark proof, overheat, overcurrent & overcharge



HF/HE SWITCH MODE DESIGN
High-frequency, high-efficiency for a lightweight, compact charger



EXTENDABLE CONNECTORS
Plug-n-play connectors for easy accessory changes



RAPID CHARGING TECHNOLOGY
Charges batteries 2X faster than traditional linear battery chargers



VARIABLE INPUT COMPENSATED
100% full charge even with varying A/C input voltages



MULTIPLE BATTERY CHEMISTRY
Safely charges Wet, Gel, MF & AGM batteries



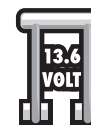
RECOVERY MODE
Recovers deeply discharged & sulfated batteries with pulse charging



ABNORMALITY PROTECTION
Automatically shuts "off" if charger remains in Bulk charge mode for an extended period of time



COLD/AGM MODE
Optimized charge mode for cold weather or AGM batteries



13.6V SUPPLY MODE
Revive low voltage batteries & can act as a power supply



16V BOOST MODE
Helps recover deeply discharged or sulfated batteries

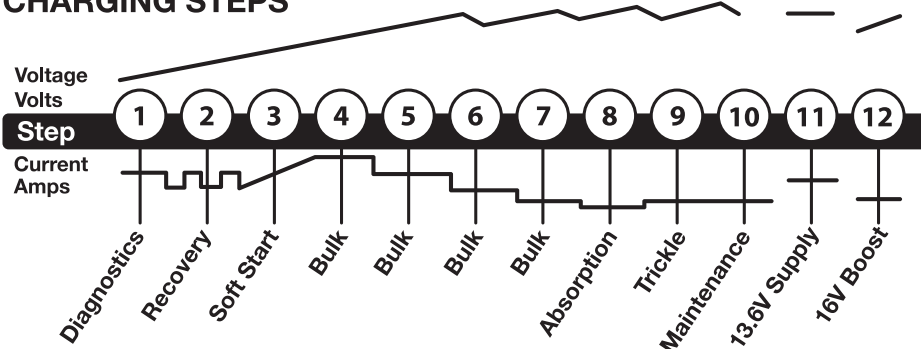
WICKED SMART FEATURE



The VosFX Processor is a revolutionary smart processor utilizing sophisticated levels of intelligence to alter the charge process based on organic feedback from the battery to extend battery life. The VosFX Processor quickly and efficiently makes decisions on how to charge the battery without risking user safety or damage to the battery.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

CHARGING STEPS

**Step 1: Diagnostics**

Checks the battery voltage to make sure battery connections are good and the battery is in a stable condition before beginning the charge process.

Step 2: Recovery

Initializes the Recovery process, if needed, for deeply discharged or sulfated (desulfation) batteries by pulsing small amounts of current.

Step 3: Soft Start

Begins Bulk charging process with a gentle (soft) charge.

Step 4-7: Bulk

The Bulk charging process continues using Max Rate, High Rate, Medium Rate and Low Rate charges and returns 80% of battery capacity, indicated by the 25%, 50% and 75% CHARGE LEDs.

Step 8: Absorption

Brings the charge level to 90%. The battery charger will deliver small amounts of current to provide a safe, efficient charge and limit battery gassing.

Step 9: Trickle

Battery is fully charged and ready to use, indicated by the 100% CHARGE LED being a solid Green. In this step, the battery charger will only deliver enough current to keep the battery full. If the battery tells the charger that more current is needed, the battery charger will switch to Maintenance.

Step 10: Maintenance

Continuously monitors the battery voltage to determine if a Maintenance charge should be initiated. If the terminal voltage falls below 12.8V (12V) and 25.6V (24V), the charger will start the Maintenance cycle until voltage reaches 14.4V (12V) and 28.8V (24V) and then discontinues the charge cycle. The cycle between Trickle and Maintenance is repeated indefinitely to keep the battery at full charge, without overcharging. The battery charger can be left connected indefinitely.

Step 11: 13.6V Supply

The 13.6V SUPPLY mode is used for low voltage batteries, maintenance charging or as a power supply.

Step 12: 16V Boost

The 16V BOOST mode is used to recover battery capacity from a stratified (sulfated) battery by applying a specialized high 16.5V (17V Max) voltage to soften and melt down sulfate from the battery plates so that the material becomes usable again.

WICKED SMART FEATURE

RECOVERY MODE. The Recovery Mode is a specialized charging step designed to rescue sulfated batteries by switching to a pulse cycle, if needed, to help regain battery capacity. The Recovery Mode is not always used. The Recovery Mode will only be initiated if the battery charger detects it can improve the battery's performance.


Now That's Smart, Wicked Smart.™

WICKED SMART FEATURE

AUTO-MEMORY. If at any time the battery charger is disconnected from its power source, either from a power loss or accidentally disconnecting the AC power plug from the electrical outlet, the battery charger will remember the previously selected charge mode when power is restored. The battery charger will automatically resume the charging process to ensure your battery is fully charged.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

WICKED SMART FEATURE
ABNORMALITY PROTECTION. If the battery charger is in the Bulk mode for more than 41 hours, the battery charger will go into an ERROR condition. This feature prevents damage if the battery is faulty.
Now That's Smart, Wicked Smart.™



CHARGING TIMES

The time required for the G7200 to charge a normally discharged battery is shown below. Deeply discharged batteries may take longer to charge depending on the depth of discharge (DOD). The charge time is based on an average depth of discharge to a fully charged battery.

BATTERY SIZE (Ah)	APPROX. TIME TO CHARGE IN HOURS*	
	12V	24V
14	1.5	3.5
25	3.0	6.0
30	4.0	7.5
40	5.0	10.0
50	6.0	12.5
60	7.5	15.5
100	12.5	25.0
120	15.5	30.00
180	22.0	-
230	29.0	-

*Note: The above table is for reference purposes only. Actual data may differ due to battery conditions. The time required for the G7200 to charge a normally discharged battery is based on an average DOD of 50%.

MAINTENANCE

The G7200 does not require any maintenance. Do not attempt to open or repair the battery charger as it will invalidate the limited warranty. A damp cloth may be used to clean dust, dirt, or other debris off of the battery charger. BEFORE ATTEMPTING TO CLEAN THE BATTERY CHARGER, MAKE SURE YOU REMOVE THE AC POWER PLUG FROM THE POWER SOURCE.

Input Voltage AC	110-120 VAC, 50-60Hz
Working Voltage AC	85-130 VAC, 50-60Hz
Input Current	2000mA RMS Max
Efficiency	85% Approx.
Power	150W Max
Charging Voltage	14.4/28.8V, 14.7/29.4V (Cold/AGM), 13.6V (Supply), 16.5V (Boost)
Charging Current	7200mA (12V), 3600mA (24V), 5000mA (Supply), 1500mA (Boost)
Back Current Drain	<5mA
Ripple	<2%
Charger Type	12 Step, Fully Automatic, Switch-Mode
Type of Batteries	12V & 24V Lead-Acid
Battery Chemistries	Wet, Gel, MF & AGM
Battery Capacity	14-230Ah (12V), 14-120Ah (24V)
Housing Protection	IP65
Cooling	Natural Convection
Noise Level	<50 dB
Dimensions (L x W x H)	8.9 x 3.8 x 2.4 Inches
Weight	1.7 Pounds

WICKED SMART TIP
RIPPLE. Describes the disturbances by current and voltage. A ripple voltage may cause damage to other equipment connected to the battery. Less than 2% is wicked low, which will help increase battery life and protect equipment from damage.
Now That's Smart, Wicked Smart.™

TROUBLESHOOTING

ORANGE ERROR LED ILLUMINATES

If you have accidentally reversed the battery connections, POSITIVE to NEGATIVE (and vice versa), an ERROR LED (Orange) will illuminate solid. If you see the ERROR LED illuminated, you will need to clear the ERROR by correcting the battery connections, POSITIVE to POSITIVE and NEGATIVE to NEGATIVE. The ERROR LED is a visual diagnostic tool to inform you that you have made the wrong battery connections. Accidentally connecting to the battery in reverse polarity will not cause any damage to the battery charger or battery. This safety feature is enabled even when the AC power plug is unplugged.

BLINKING ERROR AND CHARGE LED ILLUMINATES

When the battery charger detects an ERROR condition, the ERROR LED and CHARGE LEDs (25%, 50%, 75%, 100%) will blink. If you are seeing this ERROR condition, it could be the result of one of the following situations:

- **BATTERY VOLTAGE INCOMPATIBILITY**

Check to make sure you have selected the correct charge mode for your battery. For example, if you have a 12V battery, make sure you have selected a 12V charge mode. If you have accidentally selected the wrong charge mode, it could cause this ERROR condition. Select the appropriate charge mode to resolve this ERROR condition.

- **SULFATED, DAMAGED, OR POOR BATTERY**

This ERROR condition can be the result of a sulfated, damaged, or poor battery. To properly diagnose a sulfated, damaged, or poor battery, take the battery to a local battery store for an evaluation. If you have checked all other possible ERROR conditions and cannot clear the ERROR, it is probably the result of a sulfated, damaged, or poor battery. For other possible conditions of a sulfated, damaged, or poor battery, see the sections entitled “CHARGE LEDs FULLY ILLUMINATE IMMEDIATELY” and “BATTERY CHARGER MAKING A CLICKING SOUND” below.

- **LOW VOLTAGE BATTERY**

If the battery voltage is below 7.0VDC (12V) or 14.0VDC (24V), it could cause this ERROR condition. See the section entitled “LOW VOLTAGE BATTERY” below to resolve this ERROR condition.

- **HIGH VOLTAGE BATTERY**

If the battery voltage is above 14.0VDC and you have selected 12V charge mode, it could cause this ERROR condition. This ERROR will cause the CHARGE LED and ERROR LED to blink continuously. To resolve this ERROR condition, select 24V charge mode.

- **ABNORMALITY PROTECTION**

This ERROR condition is the result of the battery charger being in the Bulk mode for more than 41 hours. This ERROR condition is the result of a bad battery. To resolve this ERROR condition, take the battery to a local battery store for an evaluation.

NO LIGHTS COME ON WHEN THE BATTERY CHARGER IS PLUGGED INTO AN ELECTRICAL OUTLET

- **POOR AC CONNECTION**

Check if the AC outlet has power. If the AC outlet has no or limited power, it could cause this ERROR condition. Plug a light into the AC outlet to check if the outlet has power. If the light is extremely dim, this could be the result of limited AC power. The battery charger is designed for use at 85-130VAC. If there is no power or the power is below 85VAC, locate another AC outlet that has sufficient power to resolve this ERROR condition.

BATTERY CHARGER STAYS IN STANDBY MODE AND WILL NOT CHANGE MODES

If the battery charger stays in the STANDBY mode and will not change modes, it could be the result of one of the following situations:

- **BLOWN FUSE IN BATTERY CONNECTOR HARNESS**

Check the fuse in the battery connector harness. If the fuse in the battery connector harness has blown, it could cause this ERROR condition. Replace the fuse with a 10 amp automotive blade-type fuse to resolve this ERROR condition.

- **CORROSION ON BATTERY TERMINALS**

Check the battery connections for battery corrosion. If battery corrosion is present on the battery connections, it could cause this ERROR condition. Remove the battery corrosion to resolve this ERROR condition.

- **LOOSE BATTERY CONNECTIONS**

Check the battery connections to the battery. If the battery connections are loose, it could cause this ERROR condition. Tighten the battery connections to resolve this ERROR condition.

CHARGE LEDs IMMEDIATELY ILLUMINATE TO 100%

If the battery charger's CHARGE LEDs immediately illuminate to 100% when the AC power is applied to the battery charger, the battery is either already fully charged or the battery is in extremely poor condition as a result of sulfation or damage. If the battery is new, the battery is likely already fully charged. If the battery is relatively old and has not been used for a long period of time, the battery is probably so severely damaged that the battery cannot accept any current.

BATTERY CHARGER MAKING A CLICKING SOUND

If the battery charger is making a "clicking" sound and will not go into a charge mode, it is probably the result of a battery in extremely poor condition as a result of sulfation or damage. The "clicking" sound you hear does not signify a battery charger failure. The "clicking" sound is the battery charger attempting to enter into a charge mode, but when current is applied to the battery, the battery voltage rises too quickly, and the battery charger shuts off. Once the current is removed from the battery, the battery voltage rapidly decreases, and the battery charger again tries to enter into a charge mode. The "clicking" sound and this ERROR loop condition will continue until the poor battery is removed.

LOW VOLTAGE BATTERY

If the battery voltage is below 7.0VDC (12V) or 14.0VDC (24V), the ERROR LED (Orange) and the CHARGE LEDs (25%, 50%, 75%, and 100%) will blink, indicating the battery is out of range for the battery charger. In this situation, the battery charger has determined that the battery voltage is too low to begin a normal charge mode. In order to increase the battery voltage to allow the battery charger to begin charging, follow these steps:

• FOR 12V BATTERIES

If you are trying to charge a 12V battery that is below 7.0VDC, you will need to select the 13.6V SUPPLY mode. The 13.6V SUPPLY mode is for 12V batteries ONLY. In this mode, the battery charger does not use battery voltage as a restriction to begin applying current. Before selecting the 13.6V SUPPLY mode, make sure you understand how to use this charge mode by reading "USING 13.6V SUPPLY MODE."

Continued On Next Page

As a standard matter of practice, allow the battery charger to charge the battery in this mode for at least sixty (60) minutes. After the elapsed time, the battery voltage should be above 7.0VDC. Press the MODE button one (1) time to exit the 13.6V SUPPLY mode and return the battery charger to STANDBY mode. Return the battery charger back to the appropriate 12V charge mode, depending on the chemistry of your battery, to begin the charge cycle.

• FOR 24V BATTERIES

If you are trying to charge a 24V battery that is below 14.0VDC you will need to select the 13.6V SUPPLY mode. The 13.6V SUPPLY mode is for 12V batteries ONLY. If your battery system is comprised of two (2) 12V batteries in series, you can follow the instructions given above in the 'For 12V Batteries' section and charge each individual 12V battery independently until the combined battery voltage exceeds 14.0VDC. Return the battery charger back to the appropriate 24V charge mode, depending on the chemistry of your battery, to begin the charge cycle. IF YOUR 24V BATTERY SYSTEM IS COMPRISED OF SOMETHING OTHER THAN TWO (2) 12V BATTERIES, THEN YOU WILL NEED TO JUMP START THE BATTERY.

WICKED SMART TIP

If you have a severely discharged battery, a battery that is below 9.0VDC (12V) or 18.0VDC (24V), it could be the result of a defective battery. Batteries that have been severely discharged as a result of an accidental load should respond quickly when current is applied to the battery, resulting in a sharp increase in battery voltage.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

TESTING TO SEE IF CHARGER IS CHARGING

Before applying AC power to the charger, measure the battery with a digital volt meter and write the value down. Then plug the charger in making sure that within 5 seconds the charger is indicating that the charging process has begun (See WICKED SMART FEATURE: INITIALIZATION). Wait 30 seconds and measure the battery again with the digital volt meter. The battery voltage should be higher and slowly moving up.

WICKED SMART FEATURE

16V BOOST MODE. The 16V BOOST mode is an extremely powerful and useful charge mode for recovering lost battery capacity due to stratification. After the 16V BOOST mode is initialized, it may take up to four (4) hours for the charge cycle to complete. When complete, the battery charger will determine how successful the 16V BOOST charge mode was at recovering battery capacity. If the 16V BOOST mode was able to recover battery capacity, the battery charger will automatically switch over to a normal charge mode to begin charging the battery's recovered capacity. If the battery charger determines that the 16V BOOST mode was NOT SUCCESSFUL, the battery charger will automatically return the battery charger to STANDBY mode. If the battery charger returns to STANDBY mode, this may be an indication that the battery is in poor condition and that the stratification is so severe that it cannot be reversed. Battery stratification that cannot be reversed is considered permanent damage, as the battery has permanently lost battery capacity.

Now That's Smart, Wicked Smart.™

The NOCO Company ("NOCO") warrants that its Battery Charger products (the "Product") will be free from defects in material and workmanship for a period of five (5) years from the date of purchase (the "Warranty Period"). For defects reported during the Warranty Period, NOCO will, at its discretion, and subject to NOCO's technical support analysis, either repair or replace, for the fees set forth below, any Product manufactured by NOCO that contains such a defect. Replacement parts and products will be new or serviceably used, comparable in function and performance to the original part and warranted for the remainder of the original Warranty Period.

THE FOREGOING LIMITED WARRANTY IS IN LIEU OF AND EXCLUDES ALL OTHER WARRANTIES NOT EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, WHETHER EXPRESS OR IMPLIED BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

NOCO'S LIABILITY UNDER THIS LIMITED WARRANTY IS EXPRESSLY LIMITED TO REPLACEMENT (IN THE FORM AND UNDER THE TERMS ORIGINALLY SHIPPED), OR TO REPAIR, WHETHER SUCH CLAIMS ARE FOR BREACH OF WARRANTY OR FOR NEGLIGENCE. NOCO SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR SPECIAL LOSSES, DAMAGES OR EXPENSES OF ANY KIND, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, ANY SUCH LOSSES, DAMAGES, OR EXPENSES ARISING DIRECTLY OR INDIRECTLY FROM THE SALE, HANDLING, OR USE OF THE PRODUCT FROM ANY OTHER CAUSE RELATING THERETO, OR FROM PERSONAL INJURY OR LOSS OF PROFIT.

Some states do not allow the exclusion or limitation of incidental or consequential damages or length of an implied warranty so the above limitation(s) or exclusion(s) may not apply. This Limited Warranty gives you specific legal rights and you may also have other legal rights which vary from state to state.

This Limited Warranty is made to the original purchaser from NOCO and does not extend to any other person or entity and is not assignable. It is the obligation of the original purchaser to forward the Product, with the proof of purchase and completed Product registration card, prepaid, to NOCO. All warranties should be sent to:

The NOCO Company
Attn: Warranty Department
23200 Commerce Park
Cleveland, OH 44122 USA

THE COSTS OF TRANSPORTING PRODUCTS TO NOCO FOR WARRANTY SERVICE IS THE RESPONSIBILITY OF THE ORIGINAL PURCHASER.
THIS LIMITED WARRANTY IS VOID UNDER THE FOLLOWING CONDITIONS:

- 1.) The Product is misused, subjected to careless handling, or operated under conditions of extreme temperature, shock, or vibration beyond NOCO’s recommendations for safe and effective use.
- 2.) The Product has not been installed, operated, or maintained in accordance with approved procedures.
- 3.) The Product is disassembled, altered, or repaired by anyone, except NOCO.
- 4.) The electrical connections to either the AC input or the DC output of the charger are modified without the express written consent of NOCO.
- 5.) The Product is subject to improper storage or accident.
- 6.) The original purchaser fails to complete and return/submit the Product registration card.

THIS LIMITED WARRANTY DOES NOT COVER:

- 1.) Normal wear and tear.
- 2.) Cosmetic damage that does not affect functionality.
- 3.) Products where the NOCO serial number is missing, altered, or defaced.

LIMITED WARRANTY FEES

These fees apply only to Product during the Warranty Period. The Limited Warranty is void either by elapsed time from date of purchase or from the conditions listed earlier in this document. Return Product with the appropriate documentation along with a check for the applicable fees, as set forth below. Make checks payable to The NOCO Company.

	WITH RECEIPT		NO RECEIPT ANYTIME
	< 2.5 YEAR	2.5-5 YEARS	
G750	\$0.00	\$9.95	\$13.95
G1100	\$0.00	\$13.95	\$18.95
G3500	\$0.00	\$16.95	\$23.95
G7200	\$0.00	\$30.95	\$42.95
G26000	\$0.00	\$87.95	\$122.95

The Warranty Fee structure may change without notice. Please refer to our website for the current fee structure.

REGISTER MY BATTERY CHARGER

You must register the battery charger in order to validate the Limited Warranty. You can register the battery charger online or by completing the product registration card included in this manual.

To register your product on-line, please visit: geniuschargers.com/register. Complete the requested information and click “submit.”

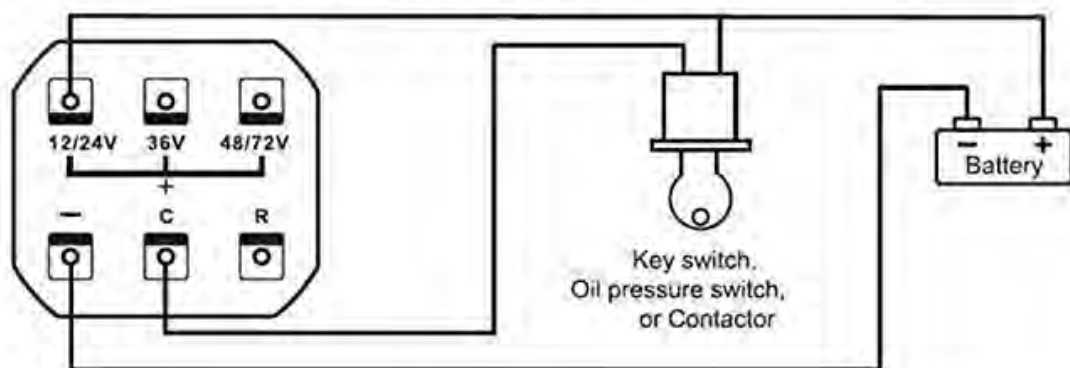
1.6. Indicador de batería



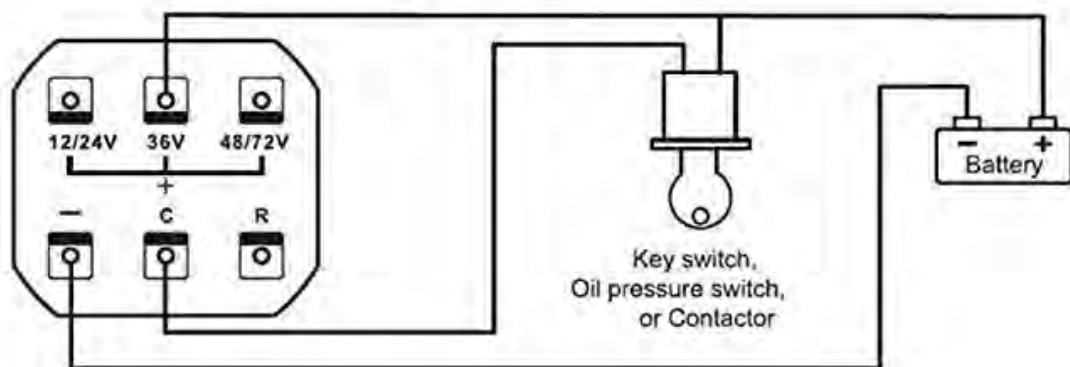
Indicador del monitor de la capacidad de la batería de Digitaces de 12V / 24V LCD con el metro de la hora



If the voltage of your battery is 12V or 24V



If the voltage of your battery is 36V

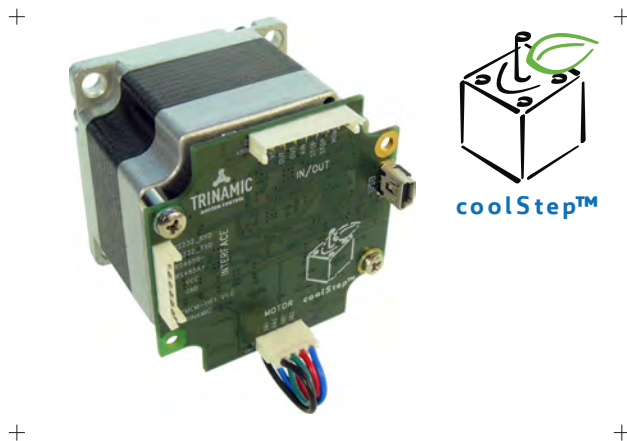


1.7. Controlador - motor

1.7.1. TMC2130 Trinamic

1.7.2. Nema 24





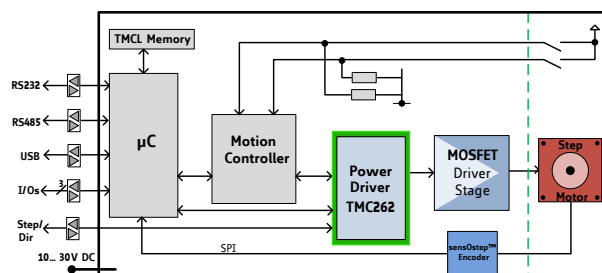
PD-1161

57/60mm | NEMA23/24
Stepper Motor with
Controller / Driver
sensOstep™ Encoder
Serial Interface

INFO The PANdrive PD57-1161 and PD60-1161 family is a mechatronic solution including a 57mm or 60mm flange motor, a controller board and a sensOstep™ encoder. It can be controlled via serial interface or operated in standalone mode. Power supply, external encoder, interface and I/Os can be connected with JST connectors.

With the advanced stallGuard2™ the motor load can be detected with high resolution. The outstanding coolStep™ technology for sensorless load dependent current control allows efficient motor operation.

The PC based software development environment TMCL-IDE for the Trinamic Motion Control Language (TMCL™) can be downloaded free of charge from the TRINAMIC website.



MAIN CHARACTERISTICS

- | | |
|------------------------|---|
| ELECTRICAL DATA | • nom. 24V DC supply voltage (10V to 30V) |
| MOTOR DATA | • flange size 57/60mm NEMA23/24 |
| INTERFACE | • USB, RS232, RS485 |
| | • step&direction interface |
| | • inputs for ref. & stop switches |
| | • general purpose I/Os |
| FEATURES | • up to 256 times microstepping |
| | • memory for 2048 TMCL™ commands |
| | • stallGuard2™ sensorless load detection |
| | • coolStep™ sensorless load dependent current control |
| | • microPlyer™ 16 to 256 times microstepping interpolation |
| | • integrated absolute sensOstep™ encoder with 1024 ppr. |
| | • automatic ramp generation in hardware |
| | • on the fly alteration of motion parameters |
| SOFTWARE | • standalone operation using TMCL or remote controlled operation |
| | • PC-based (Windows) application development software TMCL-IDE downloadable |
| OTHER | • RoHS compliant |

ORDER CODE	DESCRIPTION
PD57-1-1161	0.55 Nm / QMot motor QSH5718-41-28-055
PD57-2-1161	1.01 Nm / QMot motor QSH5718-51-28-101
PD60-3-1161	2.10 Nm / QMot motor QSH6018-65-28-210
PD60-4-1161	3.10 Nm / QMot motor QSH6018-86-28-310
TMCM-1161-CABLE	Cable loom including all neccessary cables (single ended)



Hardware Version V1.0

HARDWARE MANUAL

+



+

+

PD-1161

Stepper Motor with
Controller/Driver
0.55... 3.1Nm / 24V DC
sens0step™ Encoder
USB, RS485, and RS232

+

UNIQUE FEATURES:



stallGuard²

TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG
Hamburg, Germany

www.trinamic.com



Table of Contents

1	Features.....	3
2	Order Codes	5
3	Mechanical and Electrical Interfacing	6
3.1	PD-1161 and PD-1161 Dimensions.....	6
3.1.1	PD57-1161 Dimensions	6
3.1.2	PD60-1161 Dimensions	7
3.2	Connectors of PD-1161.....	8
3.2.1	Interface and Power Supply Connector	9
3.2.2	USB Connector	11
3.2.3	In/Out Connector.....	12
3.2.4	Motor Connector.....	13
4	Reset to Factory Defaults.....	14
5	On-board LEDs.....	15
6	Operational Ratings	16
7	Torque Curves	17
7.1	Curves of PD57-1161.....	17
7.1.1	PD57-1-1161 Torque Curves.....	17
7.1.2	PD57-2-1161 Torque Curves.....	18
7.2	Curves of PD60-1161.....	19
7.2.1	PD60-3-1161 Torque Curves.....	19
7.2.2	PD60-4-1161 Torque Curves.....	19
8	Functional Description.....	20
9	PD-1161 Operational Description.....	21
9.1	Calculation: Velocity and Acceleration vs. Microstep and Fullstep Frequency.....	21
10	Life Support Policy.....	23
11	Revision History.....	24
11.1	Document Revision	24
11.2	Hardware Revision	24
12	References	24

1 Features

The PANdrive™ PD-1161 is a full mechatronic solution with state of the art feature set. It is highly integrated and offers a convenient handling. The PD-1161 includes a stepper motor, controller/driver electronics, and TRINAMICs sensOstep™ encoder. It can be used in many decentralized applications and has been designed for 0.55... 3.1Nm max. holding torque and 24V DC nominal supply voltage. With its high energy efficiency from TRINAMIC's coolStep technology cost for power consumption is kept down. The TMCL™ firmware allows for standalone operation and direct mode.

MAIN CHARACTERISTICS

Motion controller

- Motion profile calculation in real-time
- On the fly alteration of motor parameters (e.g. position, velocity, acceleration)
- High performance microcontroller for overall system control and serial communication protocol handling

Bipolar stepper motor driver

- Up to 256 microsteps per full step
- High-efficient operation, low power dissipation
- Dynamic current control
- Integrated protection
- stallGuard2 feature for stall detection
- coolStep feature for reduced power consumption and heat dissipation

Encoder

- sensOstep magnetic encoder (max. 1024 positions per rotation) e.g. for step-loss detection under all operating conditions and positioning supervision

Interfaces

- inputs for stop switches (left and right) and home switch
- 1 analog input
- 2 general purpose outputs (open collector with freewheeling diodes)
- USB, RS232, and RS485 communication interfaces

Software

- TMCL: standalone operation or remote controlled operation, program memory (non volatile) for up to 2048 TMCL commands, and PC-based application development software TMCL-IDE available for free.

Electrical and mechanical data

- Supply voltage: +24V DC nominal (10... 30V DC)
- Motor current: up to 2.8A RMS (programmable)
- 0.5... 3.1Nm max. holding torque (depends on motor)
- With NEMA23 (57mm motor flange size) or NEMA24 (60mm motor flange size) stepper motor

Refer to separate TMCL Firmware Manual, too.

TRINAMICS UNIQUE FEATURES – EASY TO USE WITH TMCL

stallGuard2™ stallGuard2 is a high-precision sensorless load measurement using the back EMF on the coils. It can be used for stall detection as well as other uses at loads below those which stall the motor. The stallGuard2 measurement value changes linearly over a wide range of load, velocity, and current settings. At maximum motor load, the value goes to zero or near to zero. This is the most energy-efficient point of operation for the motor.

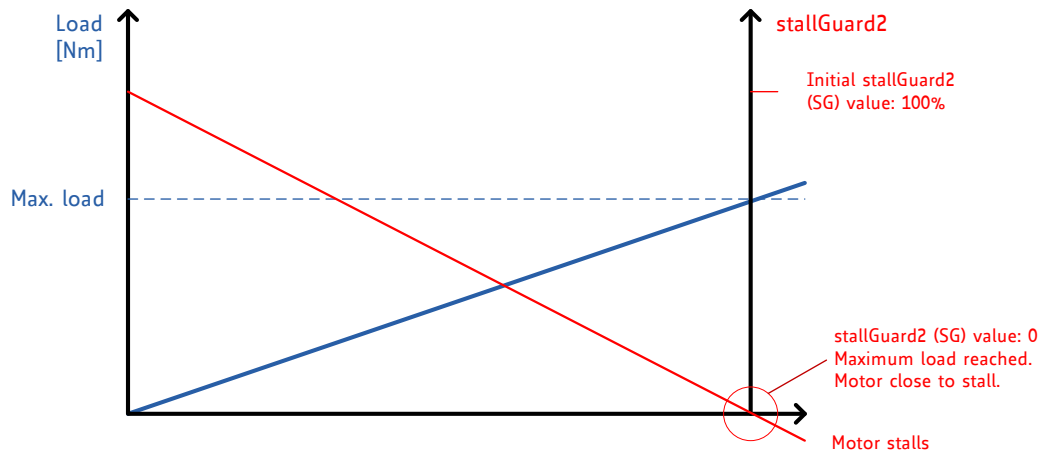


Figure 1.1 stallGuard2 load measurement SG as a function of load

coolStep™ coolStep is a load-adaptive automatic current scaling based on the load measurement via stallGuard2 adapting the required current to the load. Energy consumption can be reduced by as much as 75%. coolStep allows substantial energy savings, especially for motors which see varying loads or operate at a high duty cycle. Because a stepper motor application needs to work with a torque reserve of 30% to 50%, even a constant-load application allows significant energy savings because coolStep automatically enables torque reserve when required. Reducing power consumption keeps the system cooler, increases motor life, and allows reducing cost.

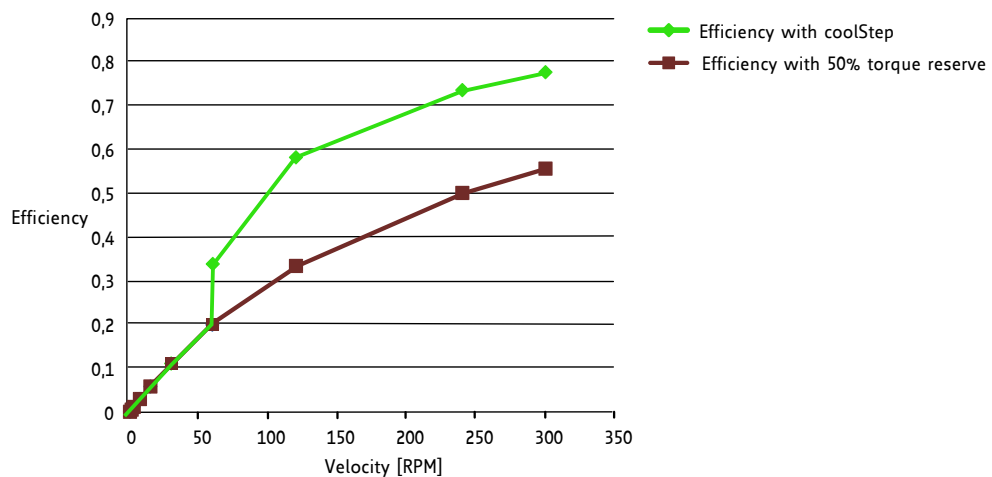


Figure 1.2 Energy efficiency example with coolStep

2 Order Codes

The PD-1161 is currently available with two different stepper motor series (NEMA23 / 57mm flange size or NEMA24 / 60mm flange size):

With NEMA 23 / 57mm flange size motor:

The length of the PANdrives is specified without the length of the axis. For the overall length of the product please add 24mm.

Order code	Description	Size (mm ³)
PD57-1-1161	PANdrive with 0.55Nm max./holding torque	60 x 60 x 58
PD57-2-1161	PANdrive with 1.01Nm max./holding torque	60 x 60 x 68

Table 2.1 Order codes (PD57-1161)

With NEMA 24 / 60mm flange size motor:

The length of the PANdrives is specified without the length of the axis. For the total length of the product add 24mm.

Order code	Description	Size (mm ³)
PD60-3-1161	PANdrive with 2.10Nm max./holding torque	60 x 60 x 82
PD60-4-1161	PANdrive with 3.10Nm max./holding torque	60 x 60 x 103

Table 2.2 Order codes (PD60-1161)

A cable loom set is available for this module:

Order code	Description
TMC-1161-CABLE	Cable loom for PD-1161: <ul style="list-style-type: none"> - 1x cable for interface connector - 1x cable for In/Out connector - 1x cable for motor connector - 1x USB type A connector to mini-USB type B connector cable

Table 2.3 Cable loom order codes

3 Mechanical and Electrical Interfacing

3.1 PD-1161 and PD-1161 Dimensions

3.1.1 PD57-1161 Dimensions

The PD57-1161 includes the TCM-1161 stepper motor controller/driver module, the magnetic encoder based on sensOstep technology and a NEMA23 bipolar stepper motor. Currently, there is a choice between four NEMA 23/57mm bipolar stepper motors with different lengths and different holding torques.

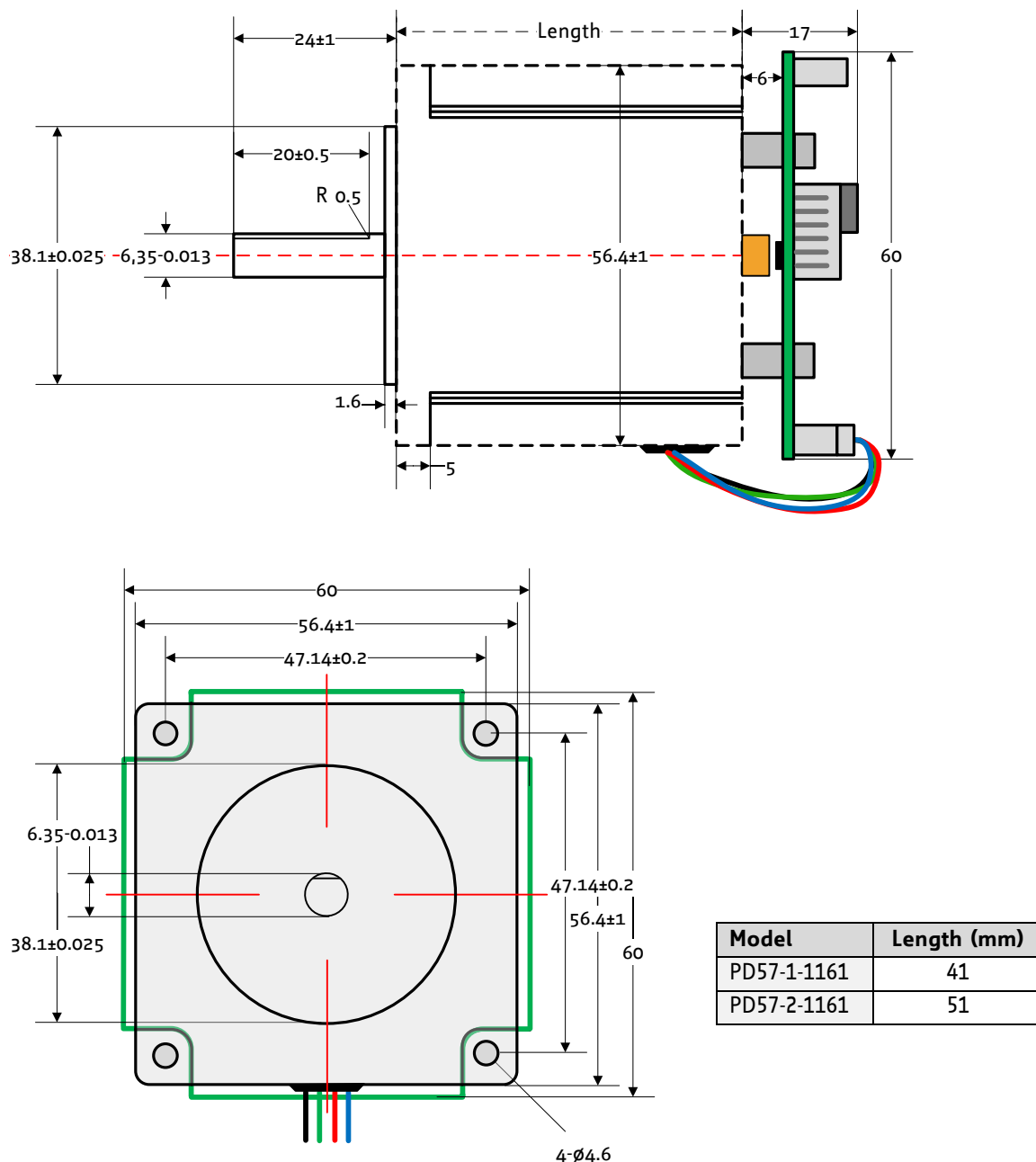


Figure 3.1 Dimensions of PD57-1161

3.1.2 PD60-1161 Dimensions

Currently, there is a choice between four NEMA 24/60mm bipolar stepper motors with different lengths and different holding torques.

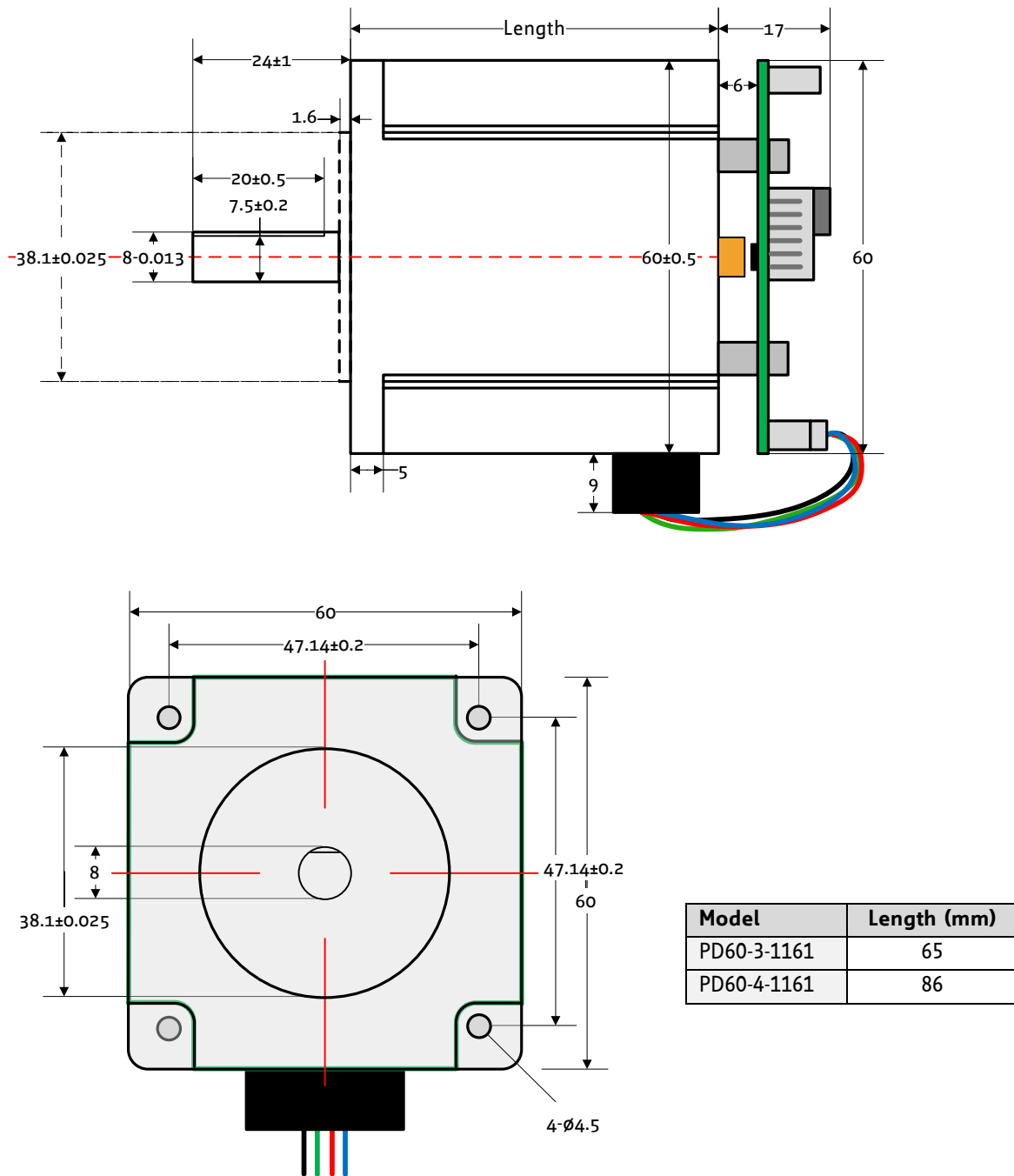


Figure 3.2 Dimensions of PD60-1161

3.2 Connectors of PD-1161

The controller/driver board for the PD-1161 offers four connectors including the motor connector which is used for attaching the motor coils to the electronics. There are two connectors for serial communication (one for USB and one for RS232/RS485) and one connector for I/O signals and switches.

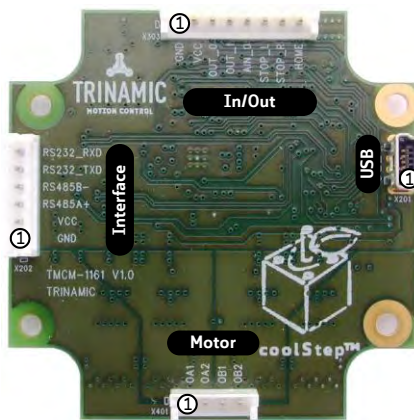


Figure 3.3 Overview connectors

Domain	Connector type	Mating connector type
Interface / Power	JST B6B-EH-A, 2.5mm pitch connector header, vertical	JST EHR-6, female crimp connector housing; crimp contacts JST SEH-001T-P0.6
Motor	JST B4B-EH-A, 2.5mm pitch connector header, vertical	JST EHR-4, female crimp connector housing; crimp contacts JST SEH-001T-P0.6
In/Out	JST B8B-EH-A, 2.5mm pitch connector header, vertical	JST EHR-8, female crimp connector housing; crimp contacts JST SEH-001T-P0.6
USB	Mini-USB type B vertical female	Mini-USB type B, male

3.2.1 Interface and Power Supply Connector

Pin	Label	Description
1	GND	Module and signal ground
2	VCC	10... 30V DC power supply / nom. 24V DC
3	RS485A+	RS485 non-inverted bus signal
4	RS485B-	RS485 inverted bus signal
5	RS232_TxD	RS232 transmit data from module
6	RS232_RxD	RS232 receive data to module

Table 3.1 Connector for power supply and interfaces

3.2.1.1 Power Supply





When using supply voltages near the upper limit, a regulated power supply is mandatory. The power supply should be designed in a way, that it supplies the nominal motor voltage at the desired maximum motor power.

To ensure reliable operation of the unit, the power supply has to have a sufficient output capacitor and the supply cables should have a low resistance, so that the chopper operation does not lead to an increased power supply ripple directly at the unit. Power supply ripple due to the chopper operation should be kept at a maximum of a few 100mV.

HINTS FOR POWER SUPPLY CABLES

- Keep power supply cables as short as possible.
- Use large diameters for power supply cables.

CAUTION!

	<p>Add external power supply capacitors!</p> <p>It is recommended to connect an electrolytic capacitor of significant size (2200µF or larger recommended) to the power supply lines next to the TCM-1161 especially if the distance to the power supply is large (i.e. more than 2-3m)!</p> <p>Rule of thumb for size of electrolytic capacitor: $c = 1000 \frac{\mu F}{A} \times I_{SUPPLY}$</p> <p>In addition to power stabilization (buffer) and filtering this added capacitor will also reduce any voltage spikes which might otherwise occur from a combination of high inductance power supply wires and the ceramic capacitors. In addition it will limit slew-rate of power supply voltage at the module. The low ESR of ceramic-only filter capacitors may cause stability problems with some switching power supplies.</p>
	<p>Do not connect or disconnect motor during operation!</p> <p>Motor cable and motor inductivity might lead to voltage spikes when the motor is disconnected / connected while energized. These voltage spikes might exceed voltage limits of the driver MOSFETs and might permanently damage them. Therefore, always disconnect power supply before connecting / disconnecting the motor.</p>
	<p>Keep the power supply voltage below the upper limit of 30V!</p> <p>Otherwise the driver electronics will seriously be damaged! Especially, when the selected operating voltage is near the upper limit a regulated power supply is highly recommended. Please see also chapter 6 (operating values).</p>
	<p>There is no reverse polarity protection!</p> <p>The module will short any reversed supply voltage due to internal diodes of the driver transistors.</p>

3.2.1.2 RS485

For remote control and communication with a host system the PD-1161 provides a two wire RS485 bus interface. For proper operation the following items should be taken into account when setting up an RS485 network:

1. **BUS STRUCTURE:**

The network topology should follow a bus structure as closely as possible. That is, the connection between each node and the bus itself should be as short as possible. Basically, it should be short compared to the length of the bus.

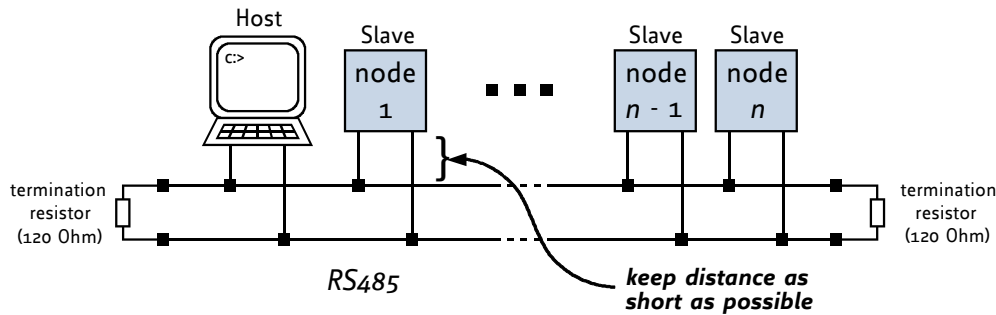


Figure 3.5: RS485 bus structure

2. **BUS TERMINATION:**

Especially for longer busses and/or multiple nodes connected to the bus and/or high communication speeds, the bus should be properly terminated at both ends. The PD-1161 does not integrate any termination resistor. Therefore, 120 Ohm termination resistors at both ends of the bus have to be added externally.

3. **NUMBER OF NODES:**

The RS-485 electrical interface standard (EIA-485) allows up to 32 nodes to be connected to a single bus. The bus transceiver used on the PD-1161 units (SN65HVD3082ED) has just 1/8th of the standard bus load and allows a maximum of 256 units to be connected to a single RS485 bus.

4. **NO FLOATING BUS LINES:**

Avoid floating bus lines while neither the host/master nor one of the slaves along the bus line is transmitting data (all bus nodes switched to receive mode). Floating bus lines may lead to communication errors. In order to ensure valid signals on the bus it is recommended to use a resistor network connecting both bus lines as well defined logic levels. In contrast to the termination resistors this network is normally required just once per bus. Certain RS485 interface converters available for PCs already include these additional resistors (e.g. USB-2-485).

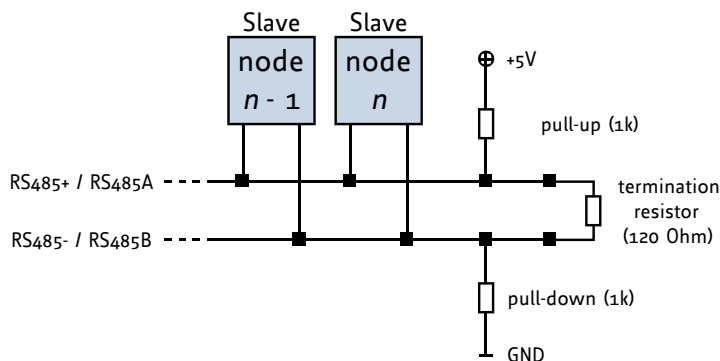


Figure 3.6: RS485 bus lines with resistor network

3.2.2 USB Connector

Pin	Label	Description
1	VBUS	+5V power
2	D-	Data -
3	D+	Data +
4	ID	not connected
5	GND	ground

Table 3.2 Mini USB connector

3.2.3 In/Out Connector

Pin	Label	Description
1	GND	Module ground (system and signal ground)
2	VCC	10... 30V DC power supply / nom. 24V DC
3	OUT_0	General purpose output, open collector
4	OUT_1	General purpose output, open collector
5	IN_0	Analog input, 0... 10V (analog to digital converter range)
6	STOP_L/ STEP/ IN_1	Digital input, +24V compatible, programmable internal pull-up.* Functionality can be selected in software: a) Left stop switch input (connected to REF1 input of TMC429 motion controller) b) Step signal (connected to step input of TMC262 stepper driver) c) General purpose input (connected to processor)
7	STOP_R/ DIR/ IN_2	Digital input +24V compatible, programmable internal pull-up.* Functionality can be selected in software: a) Right stop switch input (connected to REF3 input of TMC429 motion controller) b) Direction signal (connected to direction input of TMC262 stepper driver) c) General purpose input (connected to processor)
8	HOME/ ENABLE/ IN_3	Digital input +24V compatible, programmable internal pull-up.* Functionality can be chosen in software: a) Home switch input (connected to processor) b) Enable signal (connected to processor) c) General purpose input (connected to processor)

Table 3.3 In/Out connector

* It is possible to enable / disables pull-ups (1k to 5+V) in software for all three digital inputs. Pull-ups are always enabled / disabled for all three together / at the same time.

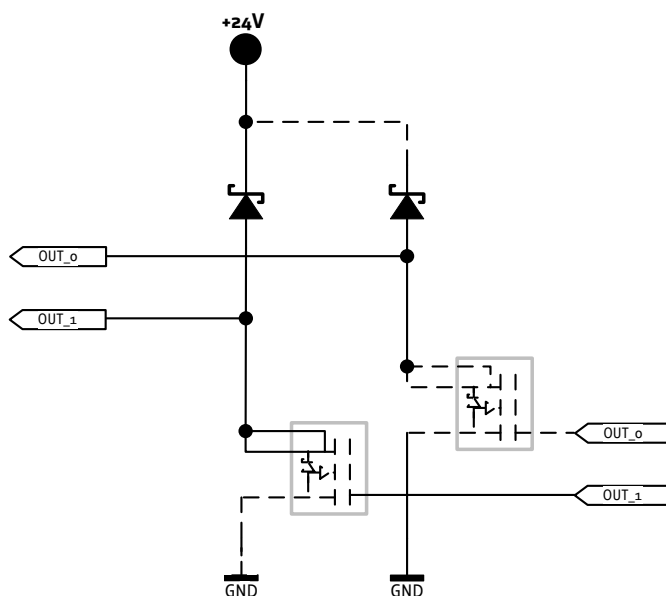


Figure 3.4 Internal circuit of OUT_0/1

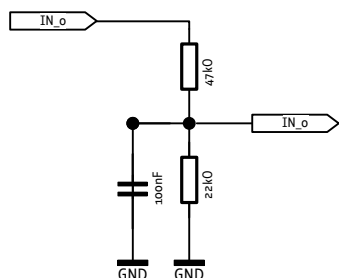


Figure 3.5 Internal circuit of IN_0

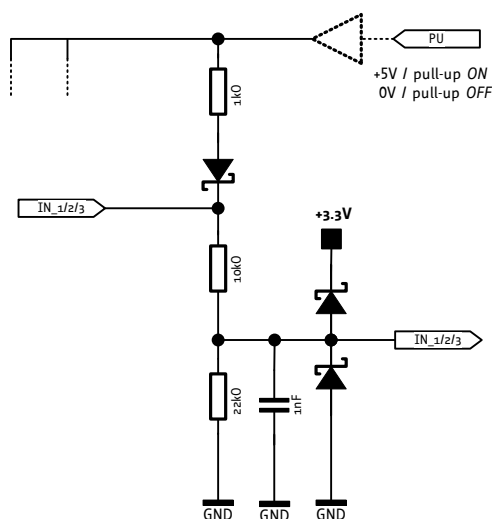


Figure 3.6 Internal circuit of IN_1/2/3

3.2.3.1 Limit Switches

The PD-1161 can be configured so that a motor has a left and a right limit switch. The motor stops when the traveler has reached one of the limit switches. An additional home switch might be used for initialization.

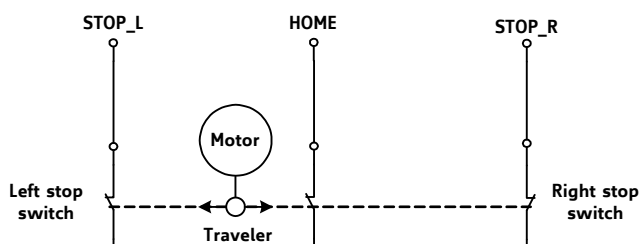


Figure 3.7 Limit switches and home switch

3.2.4 Motor Connector

Pin	Label	Description
1	OA1	Motor coil A
2	OA2	Motor coil A
3	OB1	Motor coil B
4	OB2	Motor coil B

Table 3.4 Motor connector

CAUTION!



Keep the electronics free of (metal) particles!

The integrated sensOstep encoder uses a magnet at the end of the motor axis in order to monitor position. The magnet naturally attracts especially tiny metal particles. These particles might be held on the top side of the PCB and even worse – start moving in accordance with the rotating magnetic field as soon as the motor starts moving. This might lead to shorts of electronic contacts / wires on the board and totally erratic behavior of the module! Use compressed air for cleaning the module if necessary.

4 Reset to Factory Defaults

It is possible to reset the PD-1161 to factory default settings without establishing a communication link. This might be helpful in case communication parameters of the preferred interface have been set to unknown values or got accidentally lost.

For this procedure two pads on the bottom side of the board have to be shortened (see figure 4.12).

Please perform the following steps:

1. Power supply off and USB cable disconnected
2. Short two pads as marked in Figure 4.1
3. Power up board (power via USB is sufficient for this purpose)
4. Wait until the on-board red and green LEDs start flashing fast (this might take a while)
5. Power-off board (disconnect USB cable)
6. Remove short between pads
7. After switching on power-supply / connecting USB cable all permanent settings have been restored to factory defaults

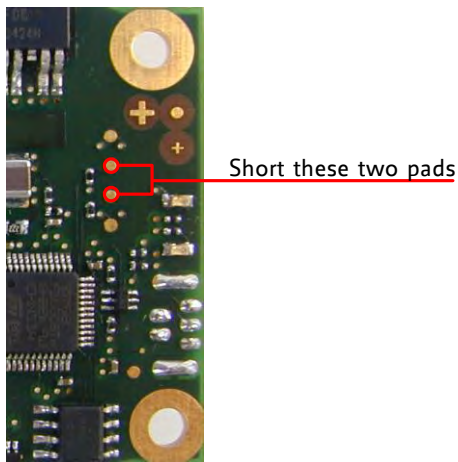


Figure 4.1 Reset to factory default settings

5 On-board LEDs

The board offers two LEDs in order to indicate board status. The function of both LEDs is dependent on the firmware version. With standard TMCL firmware the green LED should be slowly flashing during operation and the red LED should be off.

When there is no valid firmware programmed into the board or during firmware update the red and green LEDs are permanently on.

BEHAVIOR OF LEDs WITH STANDARD TMCL FIRMWARE

Status	Label	Description
Heartbeat	Run	This green LED flashes slowly during operation.
Error	Error	This red LED lights up if an error occurs.

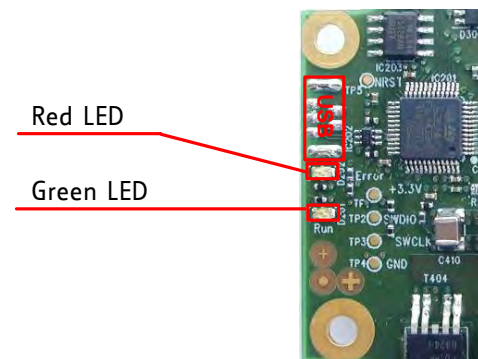


Figure 5.1 on-board LEDs

6 Operational Ratings

The operational ratings shown below should be used as design values. In no case should the maximum values been exceeded during operation.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VCC	Power supply voltage for operation	10	24	30	V DC
V _{USB}	Power supply via USB connector		5		V
I _{USB}	Current withdrawn from USB supply when USB bus powered (no other supply connected)		40		mA
I _{COIL_peak}	Motor coil current for sine wave peak (chopper regulated, adjustable via software)	0		4	A
I _{COIL_RMS}	Continuous motor current (RMS)	0		2.8	A
I _{SUPPLY}	Power supply current		<< I _{COIL}	1.4 * I _{COIL}	A
T _{ENV}	Environment temperature at rated current (no forced cooling required)	-35 ^{*)}		+50	°C

Table 6.1 General operational ratings of the module

^{*)} limited by test equipment. Includes power-up / cold start at this temperature. It can be expected that the module will work down to -40°C.

Note:

The motor might heat up well above 50°C when running at full current without proper cooling. This might substantially increase the environmental temperature for the electronics.

When using the coolStep™ operation mode, the actual motor current might be substantially less than max. programmed current which will significantly reduce power dissipation and motor temperature.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _{STOP_L/R_HOME}	Input voltage for stop / home switch inputs STOP_L / STOP_R and HOME (also valid when configured for alternate function)	0		28	V
V _{STOP_L/R_HOME_L}	Low level voltage for stop / home switch inputs STOP_L / STOP_R and HOME (also valid when configured for alternate function)	0		1.1	V
V _{STOP_L/R_HOME_H}	High level voltage for stop / home switch inputs STOP_L / STOP_R and HOME (also valid when configured for alternate function)	2.9		28	V
V _{OUT_0/1}	Voltage at open collector output OUT_0 / OUT_1	0		VCC	V
I _{OUT_0/1}	Output sink current for OUT_0 / OUT_1			100	mA
V _{IN_0}	Full scale input voltage range for analog input IN_0	0		10	V

Table 6.2 Operational ratings of general purpose I/Os

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
N _{RS485}	Number of nodes connected to single RS485 network			256	

Table 6.4 Operational ratings of the RS485 interface

7 Torque Curves

TRINAMIC offers the TCM-1161 in combination with two different stepper motor series: QSH5718 and QSH6018. The following paragraphs will show you the curves of each PANdrive.

7.1 Curves of PD57-1161

7.1.1 PD57-1-1161 Torque Curves

TCM-1161 – QSH5718-41-28-055 – Torque versus Velocity

$V_S = 24V$; $I_{coil} = 2.8A$ [RMS]; 256 Microsteps

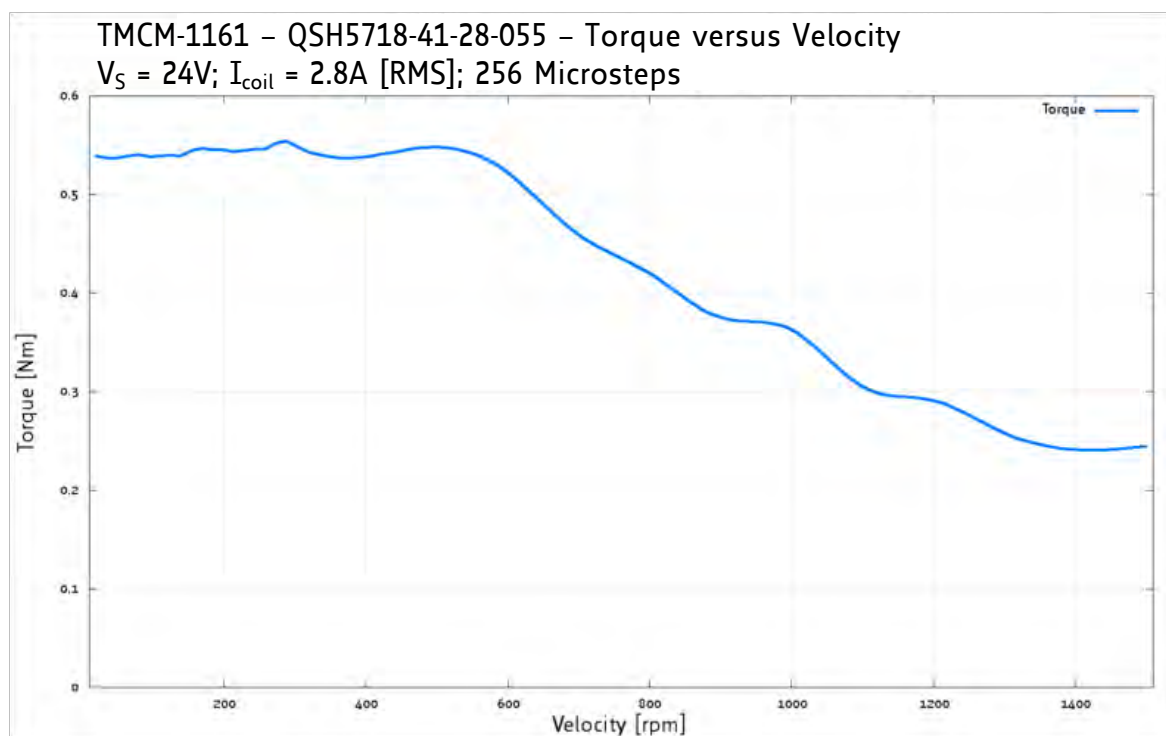
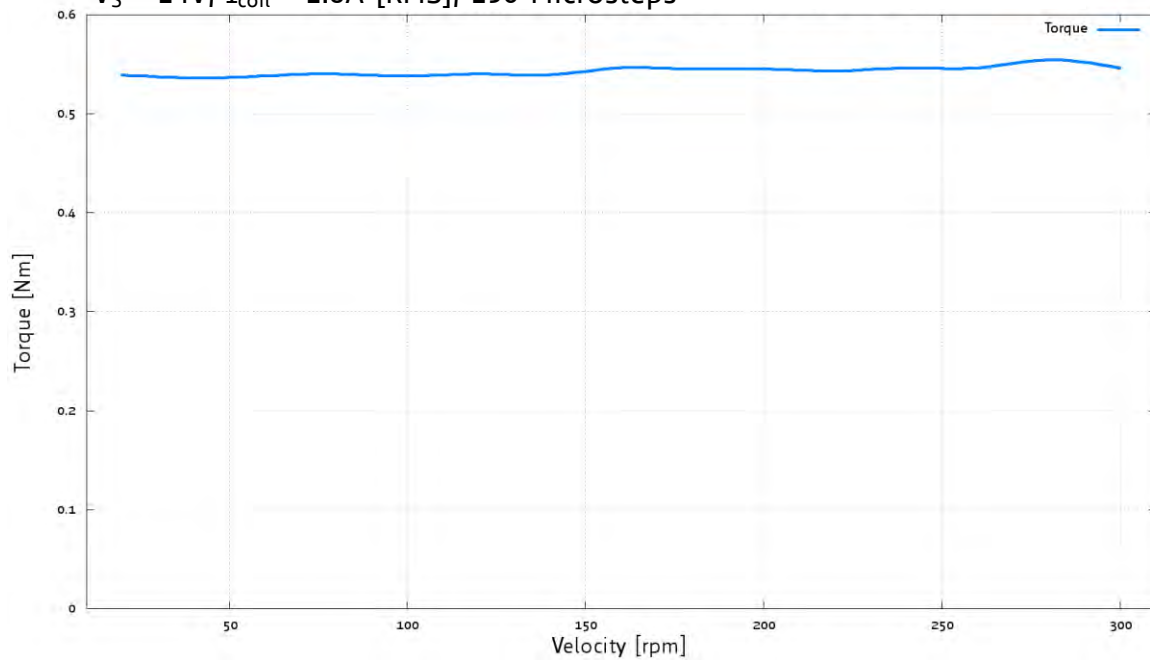


Figure 7.1 PD57-1-1161 torque vs. velocity 24V / 2.8A, 256μsteps

7.1.2 PD57-2-1161 Torque Curves

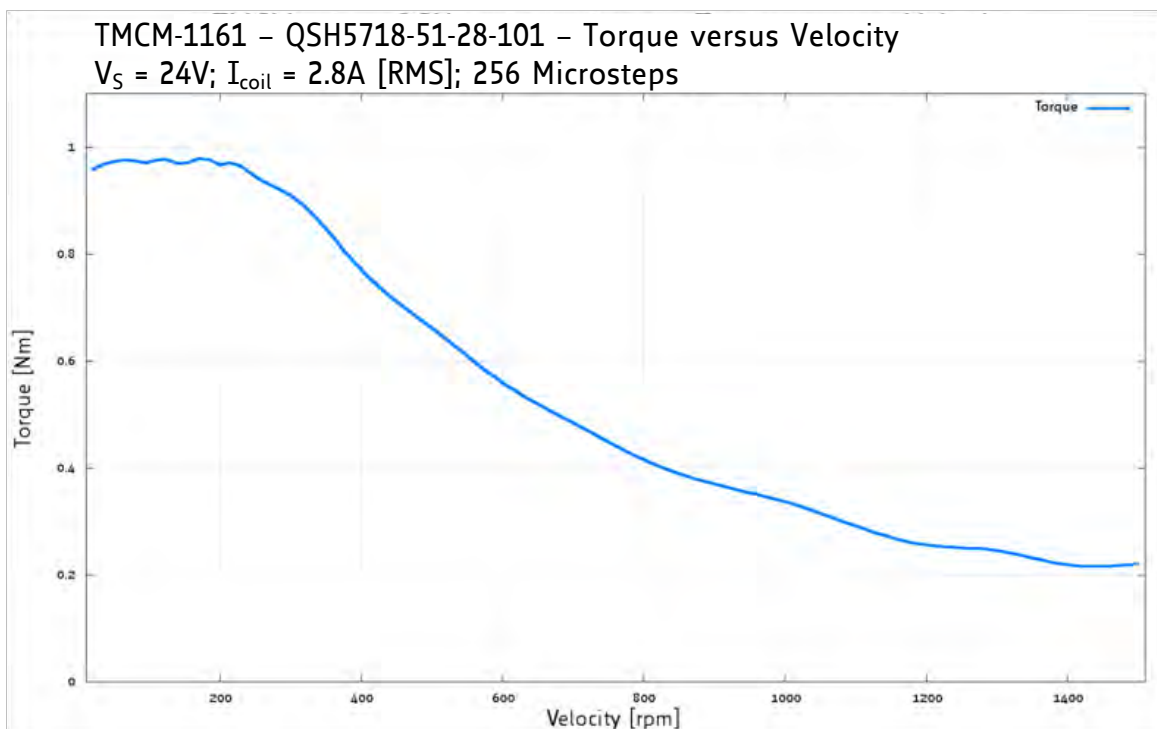
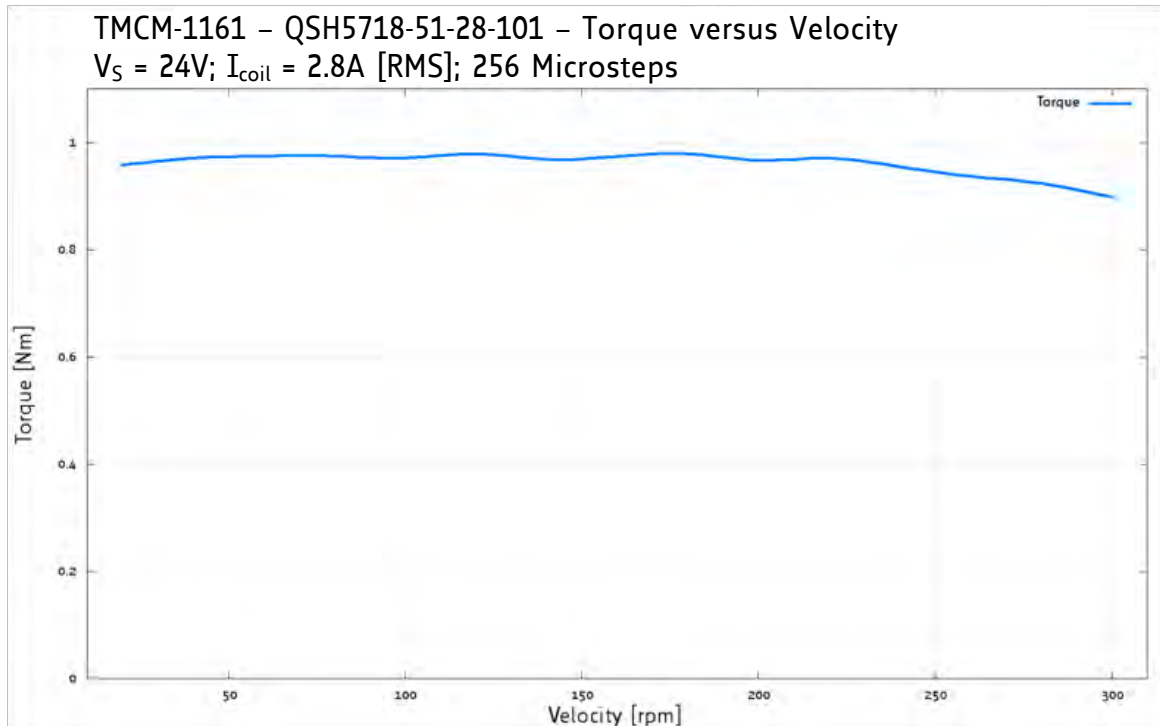


Figure 7.2 PD57-2-1161 torque vs. velocity 24V / 2.8A, 256μsteps

7.2 Curves of PD60-1161

7.2.1 PD60-3-1161 Torque Curves

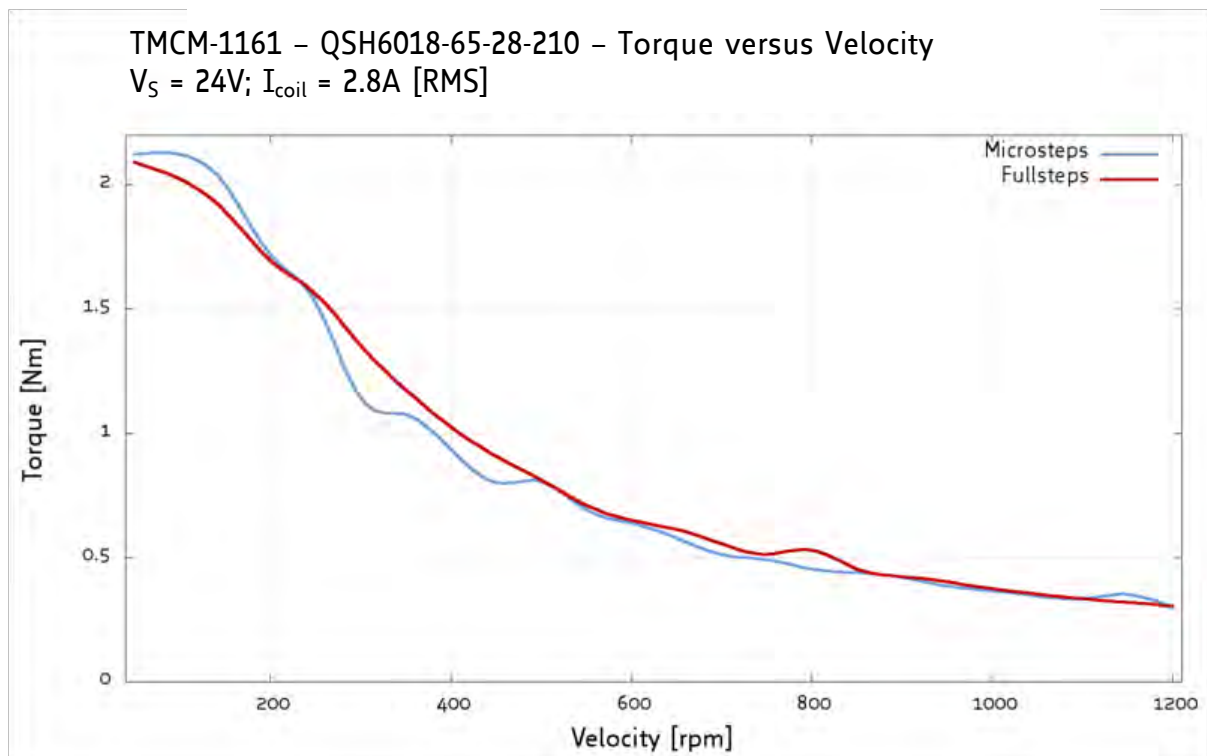


Figure 7.3: PD60-3-1161 torque vs. velocity 24V / 2.8A

7.2.2 PD60-4-1161 Torque Curves

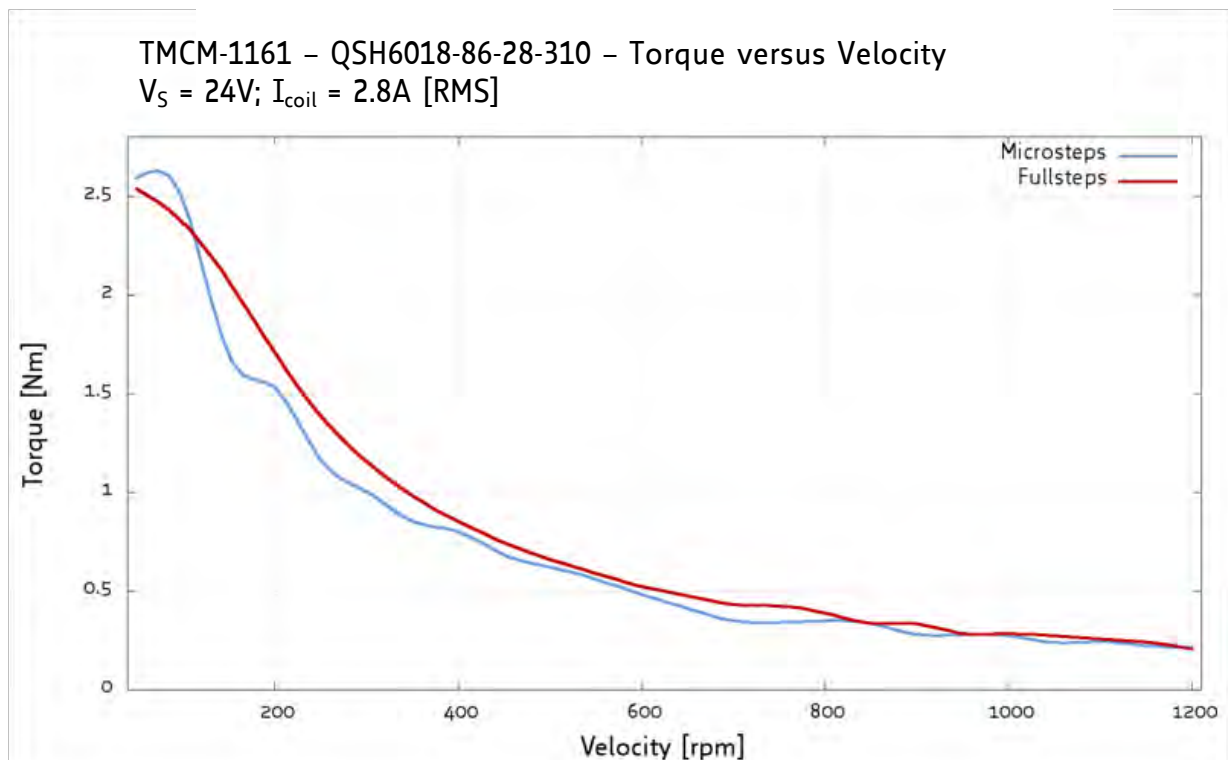


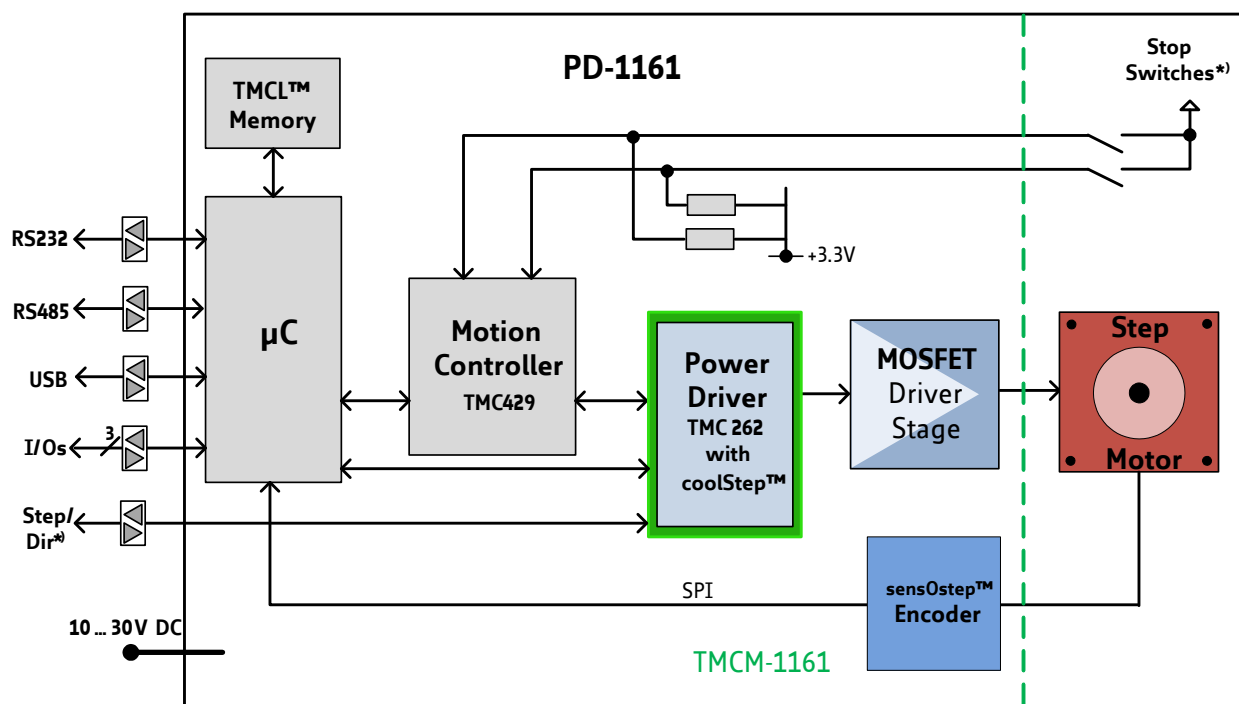
Figure 7.4: PD60-4-1161 torque vs. velocity 24V / 2.8A

8 Functional Description

The PD-1161 is a highly integrated mechatronic device which can be controlled via several serial interfaces. Communication traffic is kept low since all time critical operations, e.g. ramp calculations are performed on board. Nominal supply voltage of the unit is 24V DC. The PANdrive is designed for both: direct mode and standalone operation. Full remote control of device with feedback is possible. The firmware of the module can be updated via any of the serial interfaces.

In Figure 8.1 the main parts of the PD-1161 are shown:

- the microprocessor, which runs the TMCL operating system (connected to TMCL memory),
- the motion controller, which calculates ramps and speed profiles internally by hardware,
- the power driver with its energy efficient coolStep feature,
- the MOSFET driver stage,
- the QSH stepper motor, and
- the sensOstep encoder with resolutions of 10bit (1024 steps) per revolution.



*) The module offers three additional inputs. Functionality can be chosen by software:

- STOP_L / STOP_R / HOME
- STEP/DIR interface
- 3 general purpose inputs

Figure 8.1 Main parts of the PD-1161

The PD-1161 comes with the PC based software development environment TMCL-IDE for the Trinamic Motion Control Language (TMCM). Using predefined TMCL high level commands like *move to position* a rapid and fast development of motion control applications is guaranteed. Please refer to the PD-1161 Firmware Manual for more information about TMCL commands.

9 PD-1161 Operational Description

9.1 Calculation: Velocity and Acceleration vs. Microstep and Fullstep Frequency

The values of the parameters sent to the TMC429 do not have typical motor values like rotations per second as velocity. But these values can be calculated from the TMC429 parameters as shown in this section.

PARAMETERS OF TMC429

Signal	Description	Range
f_{CLK}	clock-frequency	16 MHz
velocity	-	0... 2047
a_max	maximum acceleration	0... 2047
pulse_div	divider for the velocity. The higher the value is, the less is the maximum velocity default value = 0	0... 13
ramp_div	divider for the acceleration. The higher the value is, the less is the maximum acceleration default value = 0	0... 13
Usrs	microstep-resolution (microsteps per fullstep = 2^{Usrs})	0... 8

Table 9.1 TMC429 velocity parameters

The **microstep-frequency** of the stepper motor is calculated with

$$usf[Hz] = \frac{f_{CLK}[Hz] \cdot velocity}{2^{pulse_div} \cdot 2048 \cdot 32} \quad \text{with usf: microstep-frequency}$$

To calculate the **fullstep-frequency** from the microstep-frequency, the microstep-frequency must be divided by the number of microsteps per fullstep.

$$fsf[Hz] = \frac{usf[Hz]}{2^{Usrs}} \quad \text{with fsf: fullstep-frequency}$$

The change in the pulse rate per time unit (pulse frequency change per second – the **acceleration a**) is given by

$$a = \frac{f_{CLK}^2 \cdot a_{max}}{2^{pulse_div + ramp_div + 29}}$$

This results in acceleration in fullsteps of:

$$af = \frac{a}{2^{Usrs}} \quad \text{with af: acceleration in fullsteps}$$

Example:

Signal	value
f _{CLK}	16 MHz
velocity	1000
a _{max}	1000
pulse_div	1
ramp_div	1
usrs	6

$$msf = \frac{16 \text{ MHz} \cdot 1000}{2^1 \cdot 2048 \cdot 32} = \underline{\underline{122070.31 \text{ Hz}}}$$

$$fsf[\text{Hz}] = \frac{122070.31}{2^6} = \underline{\underline{1907.34 \text{ Hz}}}$$

$$a = \frac{(16 \text{ MHz})^2 \cdot 1000}{2^{1+1+29}} = \underline{\underline{119.21 \frac{\text{MHz}}{\text{s}}}}$$

$$af = \frac{119.21 \frac{\text{MHz}}{\text{s}}}{2^6} = \underline{\underline{1.863 \frac{\text{MHz}}{\text{s}}}}$$

Calculation of the number of rotations:

A stepper motor has e.g. 72 fullsteps per rotation.

$$RPS = \frac{fsf}{\text{fullsteps per rotation}} = \frac{1907.34}{72} = 26.49$$

$$RPM = \frac{fsf \cdot 60}{\text{fullsteps per rotation}} = \frac{1907.34 \cdot 60}{72} = 1589.46$$

10 Life Support Policy

TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG does not authorize or warrant any of its products for use in life support systems, without the specific written consent of TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG.

Life support systems are equipment intended to support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions provided, can be reasonably expected to result in personal injury or death.

© TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG 2013

Information given in this data sheet is believed to be accurate and reliable. However neither responsibility is assumed for the consequences of its use nor for any infringement of patents or other rights of third parties, which may result from its use.

Specifications are subject to change without notice.

All trademarks used are property of their respective users.



11 Revision History

11.1 Document Revision

Version	Date	Author GE - Göran Eggers SD - Sonja Dwersteg	Description
1.00	2011-JUN-30	SD	Initial version
1.10	2011-AUG-22	GE	Updates for hardware version TMCM-1161_V10
1.11	2012-FEB-25	SD	First complete version
1.12	2012-03-13	SD	Torque curves corrected
1.13	2012-JUL-30	SD	Description of analog and digital inputs corrected
1.14	2013-MAR-27	SD	AIN_0 renamed: IN_0
1.15	2013-JUL-05	SD	Chapter 3.2.1.1 (power supply) updated

Table 11.1 Document revision

11.2 Hardware Revision

Version	Date	Description
TMCM-1061_V10	2011-APR-20	First prototype version
TMCM-1161_V10	2011-JUL-22	Redesign: <ul style="list-style-type: none"> - Corrected and modified clock concept - Stop switches connected to REF1+3 of TMC429 - New encoder IC with 10bit resolution (max.)

Table 11.2 Hardware revision

12 References

[PD-1161 TMCL]	PD-1161 TMCL Firmware Manual
[TMCL-IDE]	TMCL-IDE User Manual
[QSH5718]	QSH5718 Manual
[QSH6018]	QSH6018 Manual

Please refer to www.trinamic.com.

YOU NEED

- PD-1161
- Serial interface: RS232, RS485, or USB
- If you choose RS485: RS485 interface converter suitable to your module
- Nominal supply voltage +24V DC (10... 30V DC)
- TMCL-IDE program and PC
- Cables for interface, motor, and power

PRECAUTIONS

- Do not mix up connections or short-circuit pins.
- Avoid bounding I/O wires with motor power wires.
- Do not exceed the maximum power supply of +30V DC!
- Do not connect or disconnect the motor while powered!
- START WITH POWER SUPPLY OFF!

STARTING UP

1. Choose your interface.
USB: connect USB interface to PC. Download and install the file *TMCM-1161.inf* (www.trinamic.com) after connecting the power supply.
RS485 or RS232: use the interface connector.

For communication via RS485 interpose an interface converter (e.g. USB-2-485). Connect the chosen interface to PC.

2. Connect the 24V DC power supply. Use pin 1 and pin 2 of the interface connector.
3. Turn power ON. The green LED for power lights up and the motor is powered but in standstill now. *If this does not occur, turn power OFF and check your connections and power supply!*
4. Start the TMCL-IDE program
See next page how to configure the connection and to use the IDE.
5. Type in the open window:

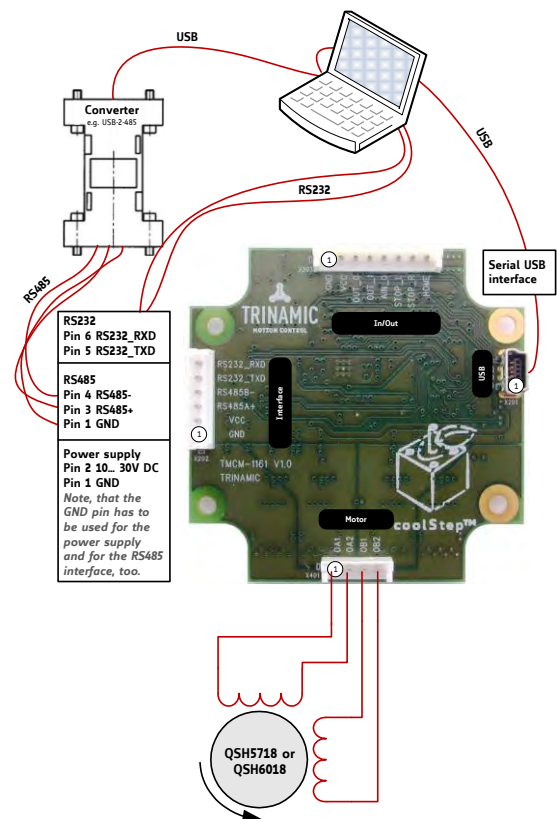
```
ROL 0, 500    //Rotate motor 0 with speed 500
WAIT TICKS, 0, 500
MST 0
ROR 0, 250    //Rotate motor 0 with 250
WAIT TICKS, 0, 500
MST 0
```

6. Click the *Assemble* icon. Thereafter click the *Download* icon to download the code to the module.
7. Click the *Run* icon. The program will now be executed.

ROR rotate right, motor 0, value 500 -> click *Execute* / The motor is rotating now.
MST motor stop, motor 0 -> click *Execute* / The motor stops now.

FIRST STEPS ARE MADE.

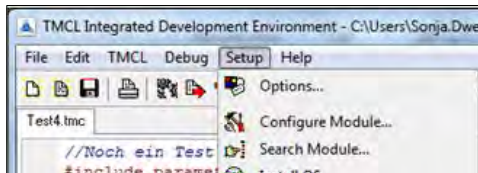
Please refer to the PD-1161 Hardware and Firmware Manuals, too.



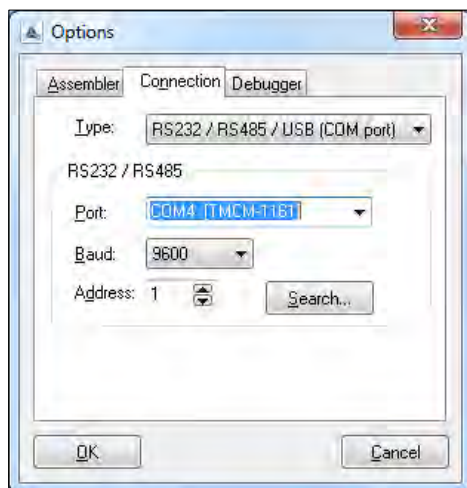
TMCL-IDE

The TMCL-IDE is available on www.trinamic.com.

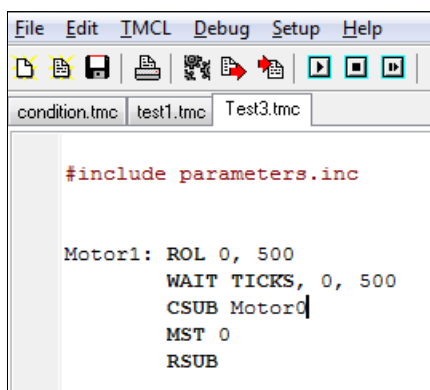
1. Make sure the COM port you intend to use is not blocked by another program.
2. Open TMCL-IDE by clicking *TMCL.exe*.
3. Choose *Setup* and *Options* and thereafter the *Connection* tab.



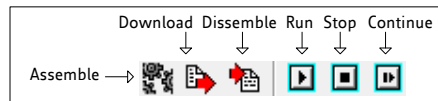
4. Choose *COM* port and *Type*. Click *OK*.



5. Write a program code into the white field and save it with *File/Save*. Note, that TMCL programs run standalone on the module, too.



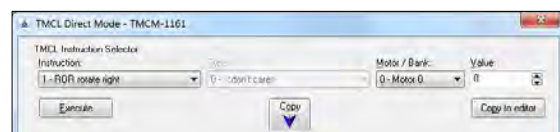
6. Click *Assemble* first, then *Download* and *Run* to start the program.



7. Stop all running programs by clicking *Stop* and start *Direct Mode* by clicking the appropriate icon.



8. The TMC1161 is automatically detected, if the communication is established.
9. Issue a command by choosing *Instruction*, *Type*, *Motor*, and *Value* and click *Execute* to send it to the module.



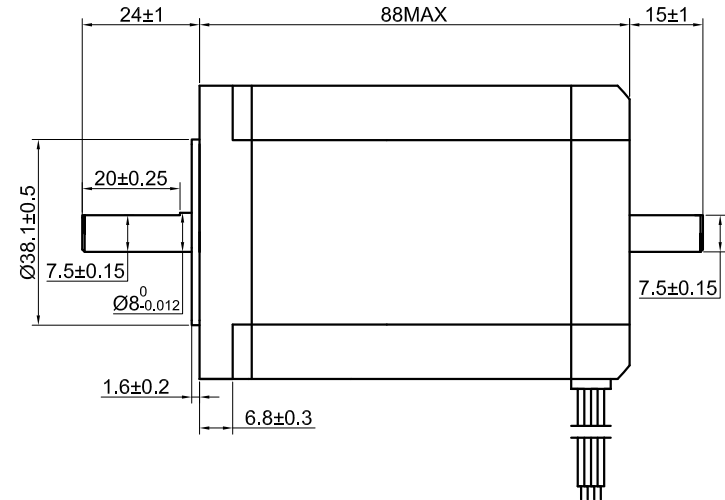
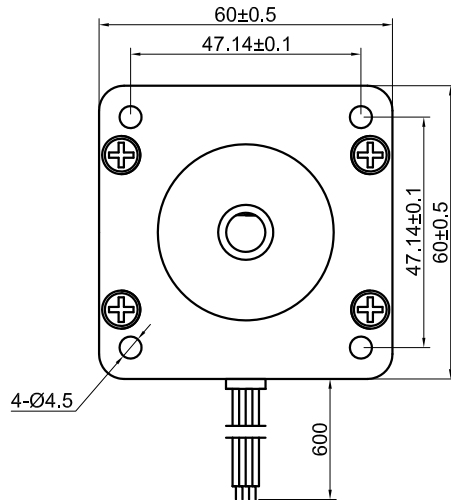
TROUBLESHOOTING

IF COMMUNICATION IS NOT ESTABLISHED

- Check if the green LED lights up. If not, check your power supply.
- Try to start *Direct Mode* and check, if the module is detected automatically.
- Check, if you are using the right COM port and it is not blocked by another program.
- Check, if the file *TMC1161.inf* is installed correctly.
- Check your connection settings. Default: 9600 baud, address 1.
- Check if your RS485 converter functions.

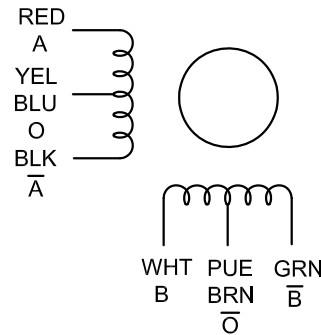
IF MOTOR DOES NOT RESPOND

- Usually the communication is not established (see above).
- Check the motor connection.
- If you are using a TMCL™ program try a movement command in *Direct Mode* to check if there is a problem with it.
- Restore factory settings by using instruction 137 for cancelling all settings modified by the user.

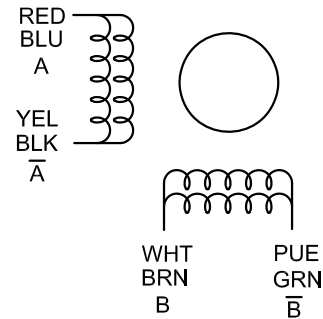


SPECIFICATION		CONNECTION	UNIPOLAR	BIPOLAR (SERIAL)	BIPOLAR (PARALLEL)	UNIPOLAR				BIPOLAR SERIES			
VOTAGE(VOC)			3.90	5.50	2.70								
AMPS/PHASE			3.00	2.10	4.20								
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C			1.30±10%	2.60±10%	0.65±10%								
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz			3.20±20%	12.80±20%	3.20±20%								
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]			2.20[19.47]	3.10[27.44]	3.10[27.44]								
STEP ANGLE(°)			1.80										
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)			±5.00%										
ROTOR INERTIA(g-cm²)			840.00										
WEIGHT(Kg)[lb]			1.34[2.95]										
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)													
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]													
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)													
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]													
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)													
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)													
					APVD				STEPPER MOTOR				
					CHKD								
				1:1.5	DRN				24HS34-3008D				
				SCALE	SIGNATURE		DATE						

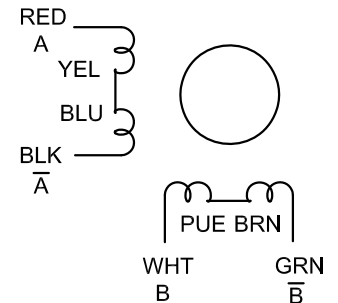
UNIPOLAR



BIPOLAR PARALLEL



BIPOLAR SERIES



1.8. Circuito integrado

1.8.1. MAX 485





Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

General Description

The MAX481, MAX483, MAX485, MAX487–MAX491, and MAX1487 are low-power transceivers for RS-485 and RS-422 communication. Each part contains one driver and one receiver. The MAX483, MAX487, MAX488, and MAX489 feature reduced slew-rate drivers that minimize EMI and reduce reflections caused by improperly terminated cables, thus allowing error-free data transmission up to 250kbps. The driver slew rates of the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 are not limited, allowing them to transmit up to 2.5Mbps.

These transceivers draw between 120µA and 500µA of supply current when unloaded or fully loaded with disabled drivers. Additionally, the MAX481, MAX483, and MAX487 have a low-current shutdown mode in which they consume only 0.1µA. All parts operate from a single 5V supply.

Drivers are short-circuit current limited and are protected against excessive power dissipation by thermal shutdown circuitry that places the driver outputs into a high-impedance state. The receiver input has a fail-safe feature that guarantees a logic-high output if the input is open circuit.

The MAX487 and MAX1487 feature quarter-unit-load receiver input impedance, allowing up to 128 MAX487/MAX1487 transceivers on the bus. Full-duplex communications are obtained using the MAX488–MAX491, while the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, and MAX1487 are designed for half-duplex applications.

Applications

Low-Power RS-485 Transceivers
Low-Power RS-422 Transceivers
Level Translators
Transceivers for EMI-Sensitive Applications
Industrial-Control Local Area Networks

Next Generation Device Features

- ◆ For Fault-Tolerant Applications
MAX3430: ±80V Fault-Protected, Fail-Safe, 1/4 Unit Load, +3.3V, RS-485 Transceiver
MAX3440E–MAX3444E: ±15kV ESD-Protected, ±60V Fault-Protected, 10Mbps, Fail-Safe, RS-485/J1708 Transceivers
- ◆ For Space-Constrained Applications
MAX3460–MAX3464: +5V, Fail-Safe, 20Mbps, Profibus RS-485/RS-422 Transceivers
MAX3362: +3.3V, High-Speed, RS-485/RS-422 Transceiver in a SOT23 Package
MAX3280E–MAX3284E: ±15kV ESD-Protected, 52Mbps, +3V to +5.5V, SOT23, RS-485/RS-422, True Fail-Safe Receivers
MAX3293/MAX3294/MAX3295: 20Mbps, +3.3V, SOT23, RS-855/RS-422 Transmitters
- ◆ For Multiple Transceiver Applications
MAX3030E–MAX3033E: ±15kV ESD-Protected, +3.3V, Quad RS-422 Transmitters
- ◆ For Fail-Safe Applications
MAX3080–MAX3089: Fail-Safe, High-Speed (10Mbps), Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers
- ◆ For Low-Voltage Applications
MAX3483E/MAX3485E/MAX3486E/MAX3488E/MAX3490E/MAX3491E: +3.3V Powered, ±15kV ESD-Protected, 12Mbps, Slew-Rate-Limited, True RS-485/RS-422 Transceivers

Ordering Information appears at end of data sheet.

Selection Table

PART NUMBER	HALF/FULL DUPLEX	DATA RATE (Mbps)	SLEW-RATE LIMITED	LOW-POWER SHUTDOWN	RECEIVER/ DRIVER ENABLE	QUIESCENT CURRENT (µA)	NUMBER OF TRANSMITTERS ON BUS	PIN COUNT
MAX481	Half	2.5	No	Yes	Yes	300	32	8
MAX483	Half	0.25	Yes	Yes	Yes	120	32	8
MAX485	Half	2.5	No	No	Yes	300	32	8
MAX487	Half	0.25	Yes	Yes	Yes	120	128	8
MAX488	Full	0.25	Yes	No	No	120	32	8
MAX489	Full	0.25	Yes	No	Yes	120	32	14
MAX490	Full	2.5	No	No	No	300	32	8
MAX491	Full	2.5	No	No	Yes	300	32	14
MAX1487	Half	2.5	No	No	Yes	230	128	8



Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC}) 12V
 Control Input Voltage (\overline{RE} , DE) -0.5V to ($V_{CC} + 0.5$ V)
 Driver Input Voltage (DI) -0.5V to ($V_{CC} + 0.5$ V)
 Driver Output Voltage (A, B) -8V to +12.5V
 Receiver Input Voltage (A, B) -8V to +12.5V
 Receiver Output Voltage (RO) -0.5V to ($V_{CC} + 0.5$ V)
 Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)
 8-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 727mW
 14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 800mW
 8-Pin SO (derate 5.88mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 471mW

14-Pin SO (derate 8.33mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 667mW
 8-Pin μMAX (derate 4.1mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 830mW
 8-Pin Cerdip (derate 8.00mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 640mW
 14-Pin Cerdip (derate 9.09mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 727mW
 Operating Temperature Ranges
 MAX4_ _C_ _/MAX1487C_ A 0°C to $+70^\circ\text{C}$
 MAX4_ _E_ _/MAX1487E_ A -40°C to $+85^\circ\text{C}$
 MAX4_ _MJ_ _/MAX1487MJA -55°C to $+125^\circ\text{C}$
 Storage Temperature Range -65°C to $+160^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (soldering, 10sec) $+300^\circ\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 5V \pm 5\%$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Differential Driver Output (no load)	V_{OD1}					5	V
Differential Driver Output (with load)	V_{OD2}	$R = 50\Omega$ (RS-422)		2			V
		$R = 27\Omega$ (RS-485), Figure 4		1.5		5	
Change in Magnitude of Driver Differential Output Voltage for Complementary Output States	ΔV_{OD}	$R = 27\Omega$ or 50Ω , Figure 4				0.2	V
Driver Common-Mode Output Voltage	V_{OC}	$R = 27\Omega$ or 50Ω , Figure 4				3	V
Change in Magnitude of Driver Common-Mode Output Voltage for Complementary Output States	ΔV_{OD}	$R = 27\Omega$ or 50Ω , Figure 4				0.2	V
Input High Voltage	V_{IH}	DE, DI, \overline{RE}		2.0			V
Input Low Voltage	V_{IL}	DE, DI, \overline{RE}				0.8	V
Input Current	I_{IN1}	DE, DI, \overline{RE}				± 2	μA
Input Current (A, B)	I_{IN2}	DE = 0V; $V_{CC} = 0V$ or 5.25V, all devices except MAX487/MAX1487	$V_{IN} = 12V$			1.0	mA
			$V_{IN} = -7V$			-0.8	
		MAX487/MAX1487, DE = 0V, $V_{CC} = 0V$ or 5.25V	$V_{IN} = 12V$			0.25	mA
			$V_{IN} = -7V$			-0.2	
Receiver Differential Threshold Voltage	V_{TH}	$-7V \leq V_{CM} \leq 12V$		-0.2		0.2	V
Receiver Input Hysteresis	ΔV_{TH}	$V_{CM} = 0V$			70		mV
Receiver Output High Voltage	V_{OH}	$I_O = -4mA$, $V_{ID} = 200mV$		3.5			V
Receiver Output Low Voltage	V_{OL}	$I_O = 4mA$, $V_{ID} = -200mV$				0.4	V
Three-State (high impedance) Output Current at Receiver	I_{OZR}	$0.4V \leq V_O \leq 2.4V$				± 1	μA
Receiver Input Resistance	R_{IN}	$-7V \leq V_{CM} \leq 12V$, all devices except MAX487/MAX1487		12			$k\Omega$
		$-7V \leq V_{CM} \leq 12V$, MAX487/MAX1487		48			$k\Omega$

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
No-Load Supply Current (Note 3)	I _{CC}	MAX488/MAX489, DE, DI, RE = 0V or V _{CC}		120	250	μA
		MAX490/MAX491, DE, DI, RE = 0V or V _{CC}		300	500	
		MAX481/MAX485, RE = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	500	900	
			DE = 0V	300	500	
		MAX1487, RE = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	300	500	
			DE = 0V	230	400	
		MAX483/MAX487, RE = 0V or V _{CC}	DE = 5V	MAX483 350	MAX487 650	
			DE = 0V	250	400	
Supply Current in Shutdown	I _{SHDN}	MAX481/483/487, DE = 0V, RE = V _{CC}		0.1	10	μA
Driver Short-Circuit Current, V _O = High	I _{OSD1}	-7V ≤ V _O ≤ 12V (Note 4)	35		250	mA
Driver Short-Circuit Current, V _O = Low	I _{OSD2}	-7V ≤ V _O ≤ 12V (Note 4)	35		250	mA
Receiver Short-Circuit Current	I _{OSR}	0V ≤ V _O ≤ V _{CC}	7		95	mA

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX481/MAX485, MAX490/MAX491, MAX1487

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Driver Input to Output	tPLH	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		10	30	60	ns
	tPHL			10	30	60	
Driver Output Skew to Output	tSKEW	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF			5	10	ns
Driver Rise or Fall Time	t _R , t _F	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	MAX481, MAX485, MAX1487	3	15	40	ns
			MAX490C/E, MAX491C/E	5	15	25	
			MAX490M, MAX491M	3	15	40	
Driver Enable to Output High	tZH	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed			40	70	ns
Driver Enable to Output Low	tZL	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed			40	70	ns
Driver Disable Time from Low	tLZ	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S1 closed			40	70	ns
Driver Disable Time from High	tHZ	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S2 closed			40	70	ns
Receiver Input to Output	tPLH, tPHL	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	MAX481, MAX485, MAX1487	20	90	200	ns
			MAX490C/E, MAX491C/E	20	90	150	
			MAX490M, MAX491M	20	90	200	
tPLH - tPHL Differential Receiver Skew	tSKD	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF			13		ns
Receiver Enable to Output Low	tZL	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S1 closed			20	50	ns
Receiver Enable to Output High	tZH	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S2 closed			20	50	ns
Receiver Disable Time from Low	tLZ	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S1 closed			20	50	ns
Receiver Disable Time from High	tHZ	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S2 closed			20	50	ns
Maximum Data Rate	f _{MAX}			2.5			Mbps
Time to Shutdown	tSHDN	MAX481 (Note 5)		50	200	600	ns

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX481/MAX485, MAX490/MAX491, MAX1487 (continued)

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Driver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	t _{ZH} (SHDN)	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed		40	100	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	t _{ZL} (SHDN)	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed		40	100	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	t _{ZH} (SHDN)	Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S2 closed, A - B = 2V		300	1000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	t _{ZL} (SHDN)	Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S1 closed, B - A = 2V		300	1000	ns

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX483, MAX487/MAX488/MAX489

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Driver Input to Output	t _{PLH}	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250	800	2000	ns
	t _{PHL}		250	800	2000	
Driver Output Skew to Output	t _{SKEW}	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		100	800	ns
Driver Rise or Fall Time	t _R , t _F	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250		2000	ns
Driver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed	250		2000	ns
Driver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed	250		2000	ns
Driver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S1 closed	300		3000	ns
Driver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S2 closed	300		3000	ns
Receiver Input to Output	t _{PLH}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250		2000	ns
	t _{PHL}		250		2000	
t _{PLH} - t _{PHL} Differential Receiver Skew	t _{SKD}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		100		ns
Receiver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 5 and 11, C _R _L = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 5 and 11, C _R _L = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 5 and 11, C _R _L = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 5 and 11, C _R _L = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Maximum Data Rate	f _{MAX}	t _{PLH} , t _{PHL} < 50% of data period	250			kbps
Time to Shutdown	t _{SHDN}	MAX483/MAX487 (Note 5)	50	200	600	ns
Driver Enable from Shutdown to Output High	t _{ZH} (SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed			2000	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low	t _{ZL} (SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed			2000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High	t _{ZH} (SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S2 closed			2500	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low	t _{ZL} (SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S1 closed			2500	ns

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

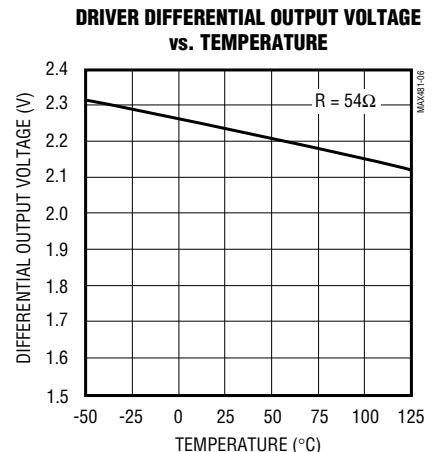
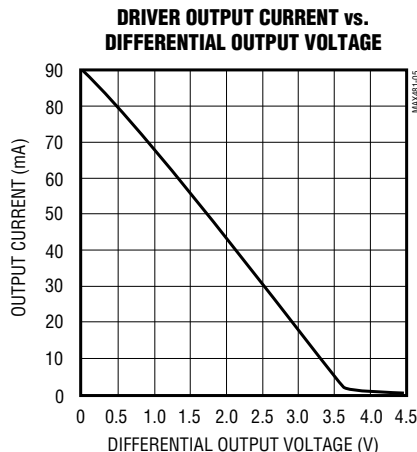
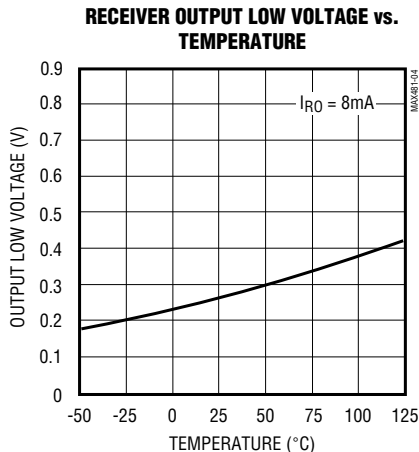
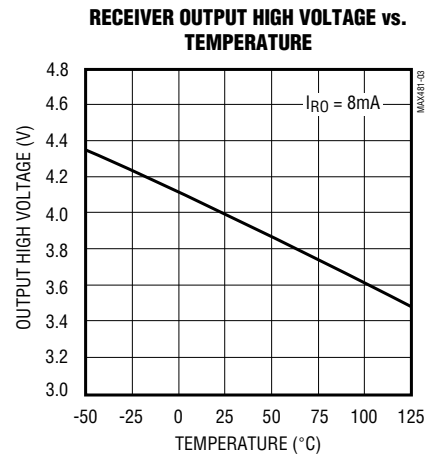
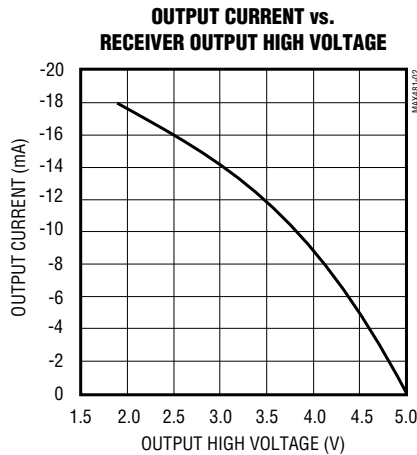
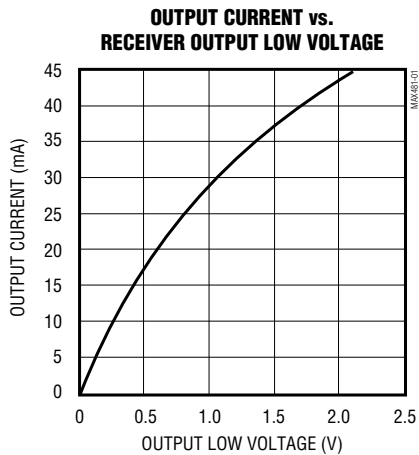
MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

NOTES FOR ELECTRICAL/SWITCHING CHARACTERISTICS

- Note 1:** All currents into device pins are positive; all currents out of device pins are negative. All voltages are referenced to device ground unless otherwise specified.
- Note 2:** All typical specifications are given for $V_{CC} = 5V$ and $T_A = +25^\circ C$.
- Note 3:** Supply current specification is valid for loaded transmitters when $DE = 0V$.
- Note 4:** Applies to peak current. See *Typical Operating Characteristics*.
- Note 5:** The MAX481/MAX483/MAX487 are put into shutdown by bringing \overline{RE} high and DE low. If the inputs are in this state for less than 50ns, the parts are guaranteed not to enter shutdown. If the inputs are in this state for at least 600ns, the parts are guaranteed to have entered shutdown. See *Low-Power Shutdown Mode* section.

Typical Operating Characteristics

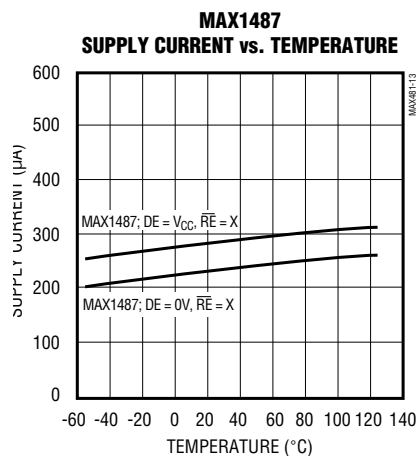
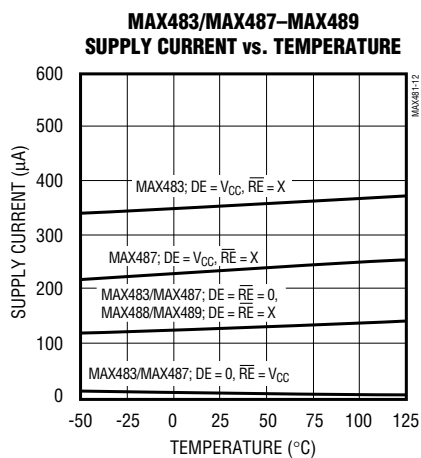
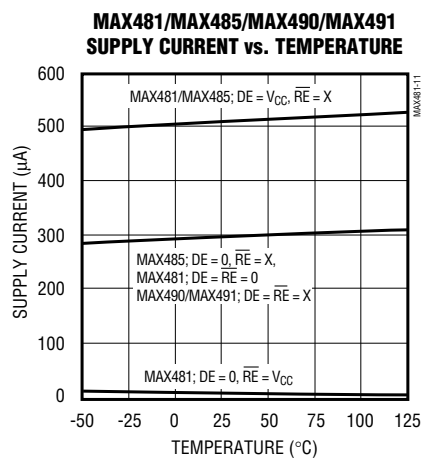
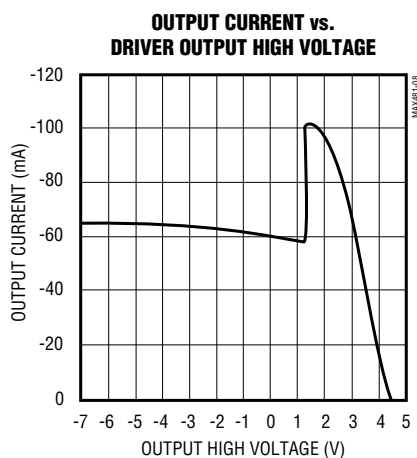
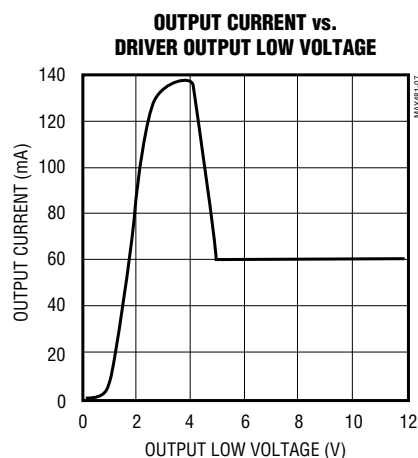
($V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Typical Operating Characteristics (continued)

($V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)



Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Pin Description

PIN					NAME	FUNCTION
MAX481/MAX483/ MAX485/MAX487/ MAX1487		MAX488/ MAX490		MAX489/ MAX491		
DIP/SO	μMAX	DIP/SO	μMAX	DIP/SO		
1	3	2	4	2	RO	Receiver Output: If $A > B$ by 200mV, RO will be high; If $A < B$ by 200mV, RO will be low.
2	4	—	—	3	\overline{RE}	Receiver Output Enable. RO is enabled when \overline{RE} is low; RO is high impedance when \overline{RE} is high.
3	5	—	—	4	DE	Driver Output Enable. The driver outputs, Y and Z, are enabled by bringing DE high. They are high impedance when DE is low. If the driver outputs are enabled, the parts function as line drivers. While they are high impedance, they function as line receivers if \overline{RE} is low.
4	6	3	5	5	DI	Driver Input. A low on DI forces output Y low and output Z high. Similarly, a high on DI forces output Y high and output Z low.
5	7	4	6	6, 7	GND	Ground
—	—	5	7	9	Y	Noninverting Driver Output
—	—	6	8	10	Z	Inverting Driver Output
6	8	—	—	—	A	Noninverting Receiver Input and Noninverting Driver Output
—	—	8	2	12	A	Noninverting Receiver Input
7	1	—	—	—	B	Inverting Receiver Input and Inverting Driver Output
—	—	7	1	11	B	Inverting Receiver Input
8	2	1	3	14	VCC	Positive Supply: $4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V$
—	—	—	—	1, 8, 13	N.C.	No Connect—not internally connected

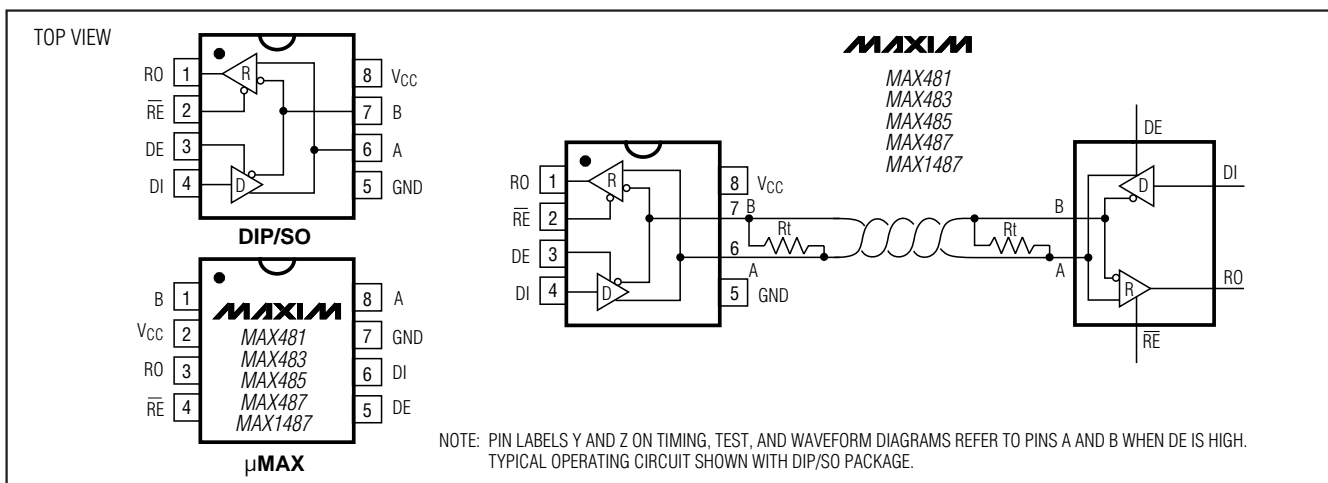


Figure 1. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

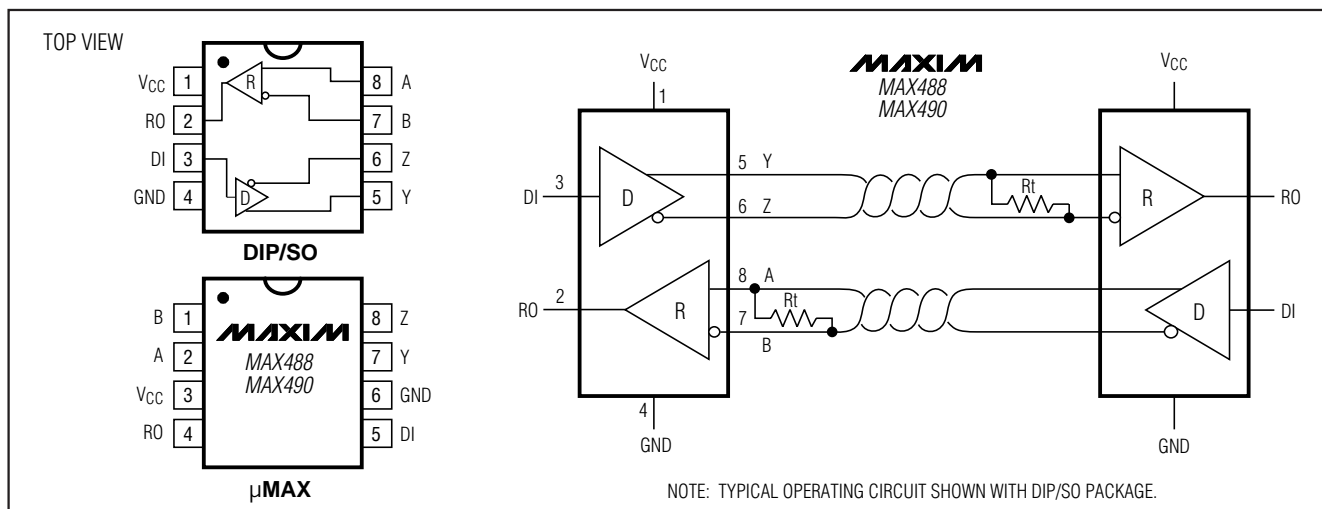


Figure 2. MAX488/MAX490 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

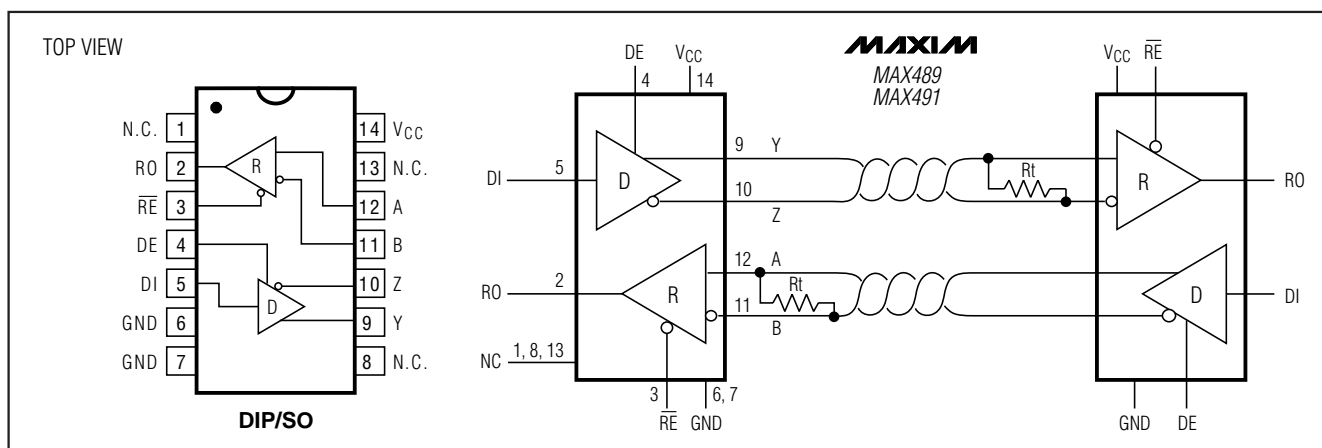


Figure 3. MAX489/MAX491 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

Applications Information

The MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491 and MAX1487 are low-power transceivers for RS-485 and RS-422 communications. The MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 can transmit and receive at data rates up to 2.5Mbps, while the MAX483, MAX487, MAX488, and MAX489 are specified for data rates up to 250kbps. The MAX488-MAX491 are full-duplex transceivers while the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, and MAX1487 are half-duplex. In addition, Driver Enable (DE) and Receiver Enable (RE) pins are included on the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, MAX489, MAX491, and MAX1487. When disabled, the driver and receiver outputs are high impedance.

MAX487/MAX1487: 128 Transceivers on the Bus

The 48kΩ, 1/4-unit-load receiver input impedance of the MAX487 and MAX1487 allows up to 128 transceivers on a bus, compared to the 1-unit load (12kΩ input impedance) of standard RS-485 drivers (32 transceivers maximum). Any combination of MAX487/MAX1487 and other RS-485 transceivers with a total of 32 unit loads or less can be put on the bus. The MAX481/MAX483/MAX485 and MAX488-MAX491 have standard 12kΩ Receiver Input impedance.

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Test Circuits

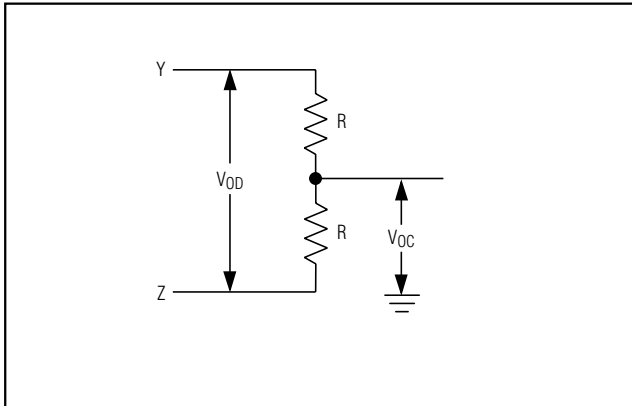


Figure 4. Driver DC Test Load

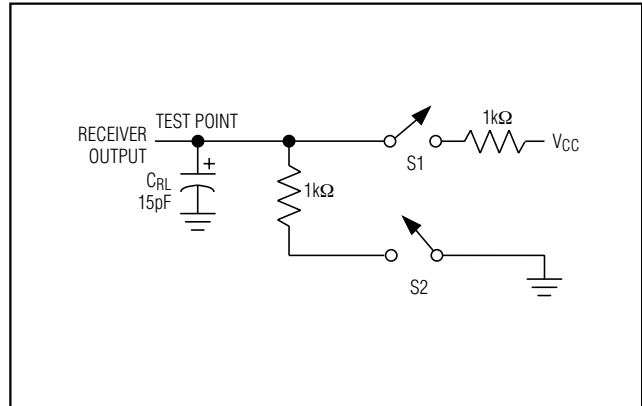


Figure 5. Receiver Timing Test Load

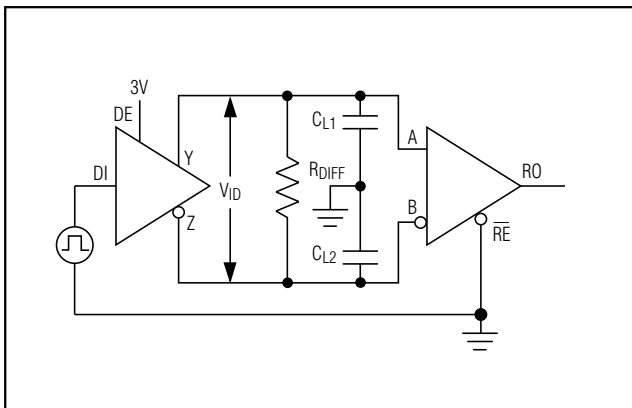


Figure 6. Driver/Receiver Timing Test Circuit

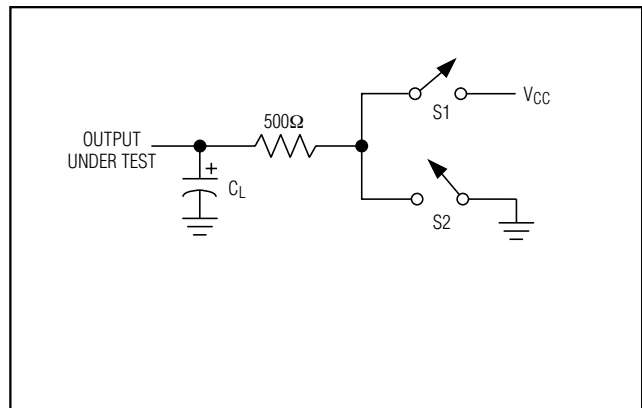


Figure 7. Driver Timing Test Load

MAX483/MAX487/MAX488/MAX489: Reduced EMI and Reflections

The MAX483 and MAX487–MAX489 are slew-rate limited, minimizing EMI and reducing reflections caused by improperly terminated cables. Figure 12 shows the driver output waveform and its Fourier analysis of a 150kHz signal transmitted by a MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, or MAX1487. High-frequency har-

monics with large amplitudes are evident. Figure 13 shows the same information displayed for a MAX483, MAX487, MAX488, or MAX489 transmitting under the same conditions. Figure 13's high-frequency harmonics have much lower amplitudes, and the potential for EMI is significantly reduced.

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487–MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Switching Waveforms

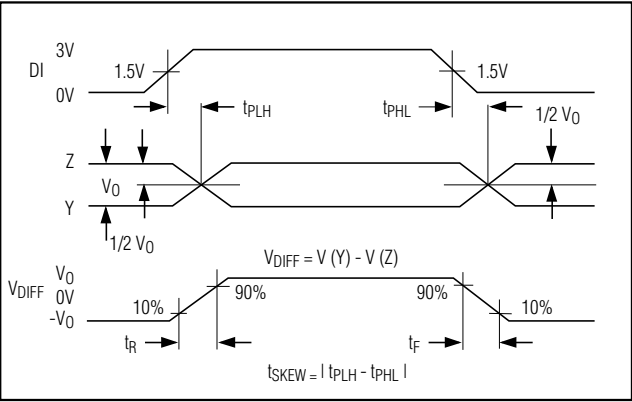


Figure 8. Driver Propagation Delays

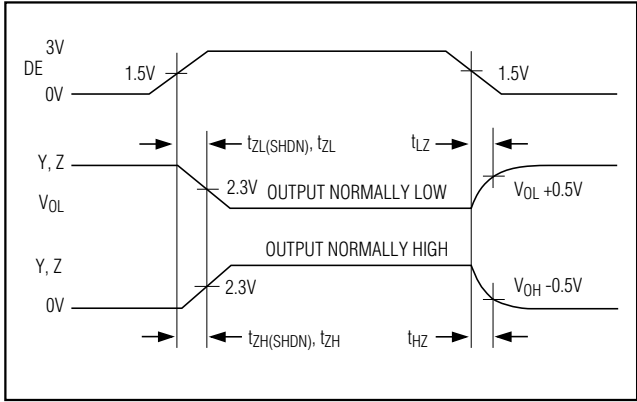


Figure 9. Driver Enable and Disable Times (except MAX488 and MAX490)

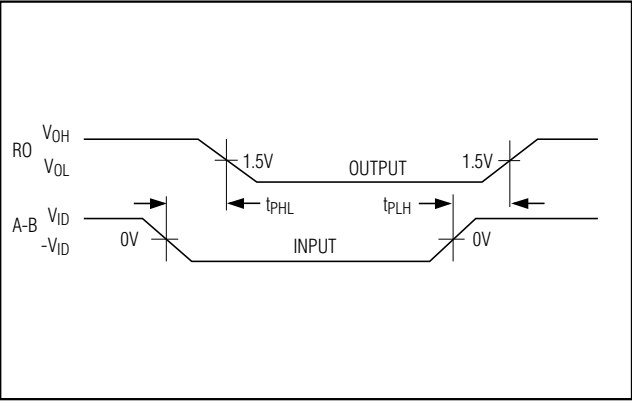


Figure 10. Receiver Propagation Delays

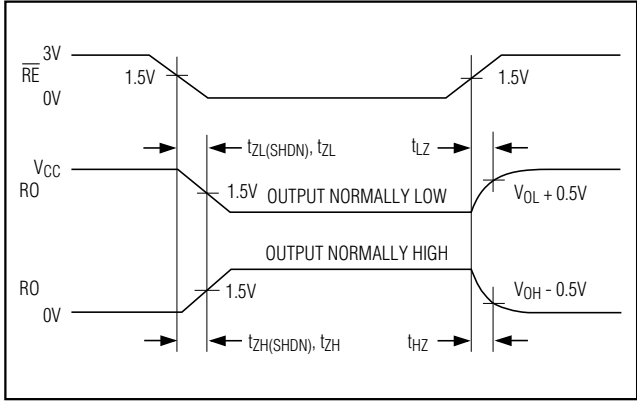


Figure 11. Receiver Enable and Disable Times (except MAX488 and MAX490)

Function Tables (MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487)

Table 1. Transmitting

INPUTS			OUTPUTS	
RE	DE	DI	Z	Y
X	1	1	0	1
X	1	0	1	0
0	0	X	High-Z	High-Z
1	0	X	High-Z*	High-Z*

X = Don't care
High-Z = High impedance
* Shutdown mode for MAX481/MAX483/MAX487

Table 2. Receiving

INPUTS			OUTPUT
RE	DE	A-B	RO
0	0	$\geq +0.2V$	1
0	0	$\leq -0.2V$	0
0	0	Inputs open	1
1	0	X	High-Z*

X = Don't care
High-Z = High impedance
* Shutdown mode for MAX481/MAX483/MAX487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

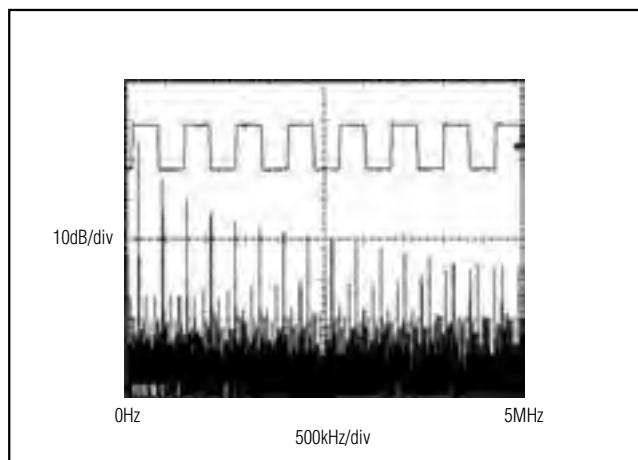


Figure 12. Driver Output Waveform and FFT Plot of MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Transmitting a 150kHz Signal

Low-Power Shutdown Mode (MAX481/MAX483/MAX487)

A low-power shutdown mode is initiated by bringing both $\overline{\text{RE}}$ high and DE low. The devices will not shut down unless both the driver and receiver are disabled. In shutdown, the devices typically draw only 0.1 μA of supply current.

$\overline{\text{RE}}$ and DE may be driven simultaneously; the parts are guaranteed not to enter shutdown if $\overline{\text{RE}}$ is high and DE is low for less than 50ns. If the inputs are in this state for at least 600ns, the parts are guaranteed to enter shutdown.

For the MAX481, MAX483, and MAX487, the t_{ZH} and t_{ZL} enable times assume the part was not in the low-power shutdown state (the MAX485/MAX488–MAX491 and MAX1487 can not be shut down). The t_{ZH}(SHDN) and t_{ZL}(SHDN) enable times assume the parts were shut down (see *Electrical Characteristics*).

It takes the drivers and receivers longer to become enabled from the low-power shutdown state (t_{ZH}(SHDN), t_{ZL}(SHDN)) than from the operating mode (t_{ZH}, t_{ZL}). (The parts are in operating mode if the $\overline{\text{RE}}$, DE inputs equal a logical 0, 1 or 1, 1 or 0, 0.)

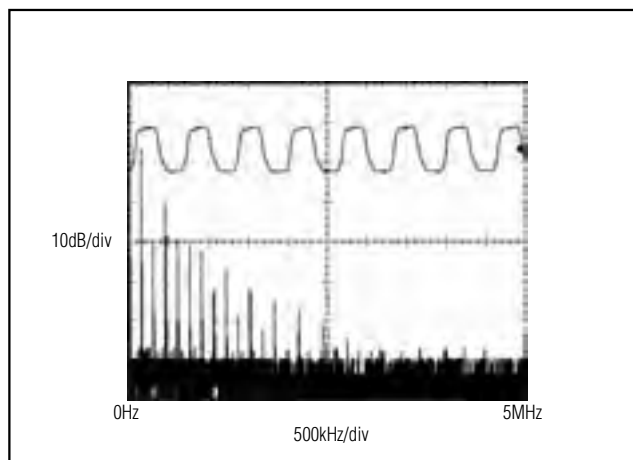


Figure 13. Driver Output Waveform and FFT Plot of MAX483/MAX487–MAX489 Transmitting a 150kHz Signal

Driver Output Protection

Excessive output current and power dissipation caused by faults or by bus contention are prevented by two mechanisms. A foldback current limit on the output stage provides immediate protection against short circuits over the whole common-mode voltage range (see *Typical Operating Characteristics*). In addition, a thermal shutdown circuit forces the driver outputs into a high-impedance state if the die temperature rises excessively.

Propagation Delay

Many digital encoding schemes depend on the difference between the driver and receiver propagation delay times. Typical propagation delays are shown in Figures 15–18 using Figure 14's test circuit.

The difference in receiver delay times, |t_{PLH} - t_{PHL}|, is typically under 13ns for the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 and is typically less than 100ns for the MAX483 and MAX487–MAX489.

The driver skew times are typically 5ns (10ns max) for the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487, and are typically 100ns (800ns max) for the MAX483 and MAX487–MAX489.

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487–MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

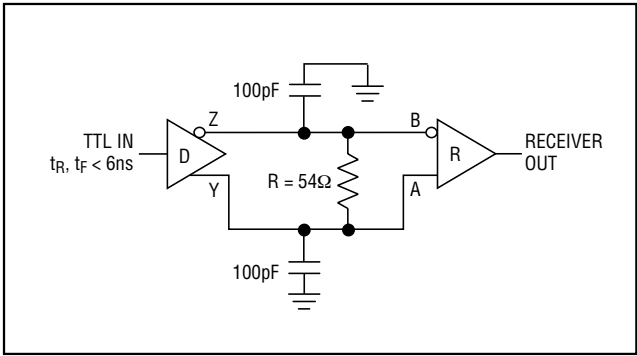


Figure 14. Receiver Propagation Delay Test Circuit

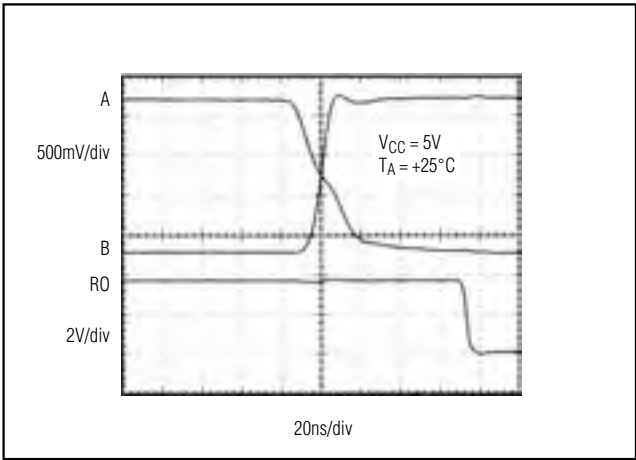


Figure 15. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver t_{PHL}

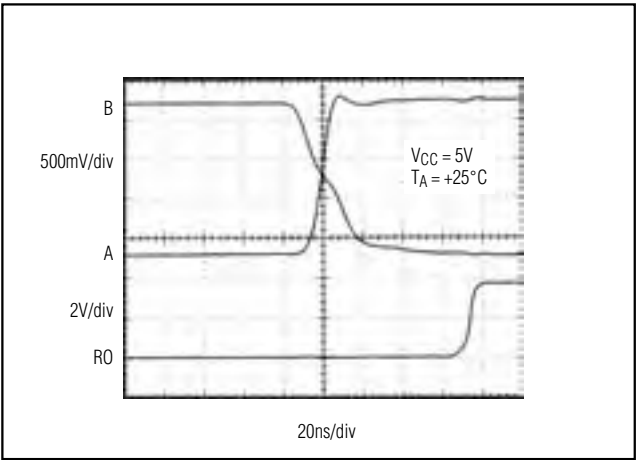


Figure 16. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver t_{PLH}

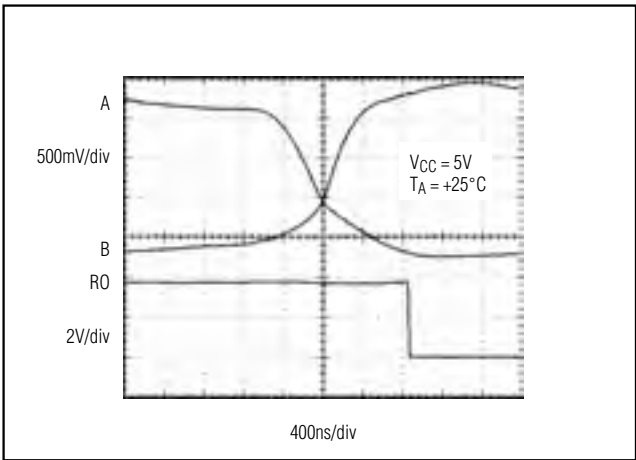


Figure 17. MAX483, MAX487-MAX489 Receiver t_{PHL}

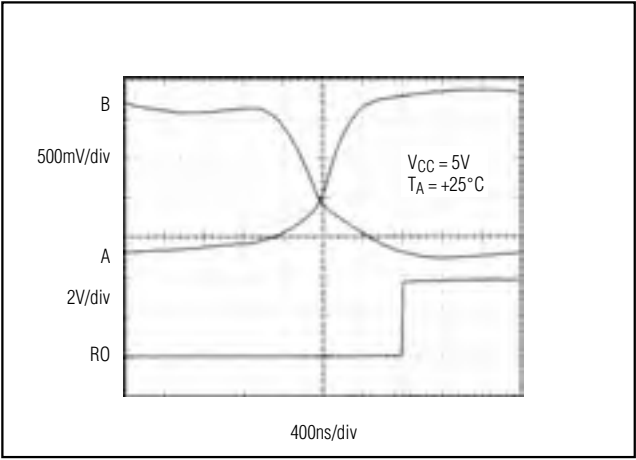


Figure 18. MAX483, MAX487-MAX489 Receiver t_{PLH}

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Line Length vs. Data Rate

The RS-485/RS-422 standard covers line lengths up to 4000 feet. For line lengths greater than 4000 feet, see Figure 23.

Figures 19 and 20 show the system differential voltage for the parts driving 4000 feet of 26AWG twisted-pair wire at 110kHz into 120Ω loads.

Typical Applications

The MAX481, MAX483, MAX485, MAX487–MAX491, and MAX1487 transceivers are designed for bidirectional data communications on multipoint bus transmission lines.

Figures 21 and 22 show typical network applications circuits. These parts can also be used as line repeaters, with cable lengths longer than 4000 feet, as shown in Figure 23.

To minimize reflections, the line should be terminated at both ends in its characteristic impedance, and stub lengths off the main line should be kept as short as possible. The slew-rate-limited MAX483 and MAX487–MAX489 are more tolerant of imperfect termination.

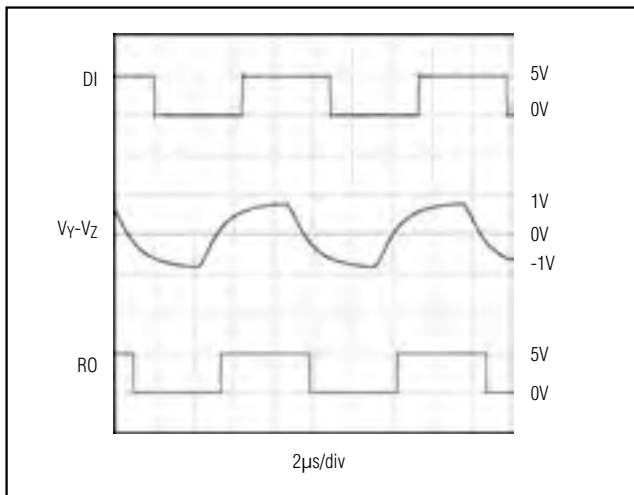


Figure 19. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 System Differential Voltage at 110kHz Driving 4000ft of Cable

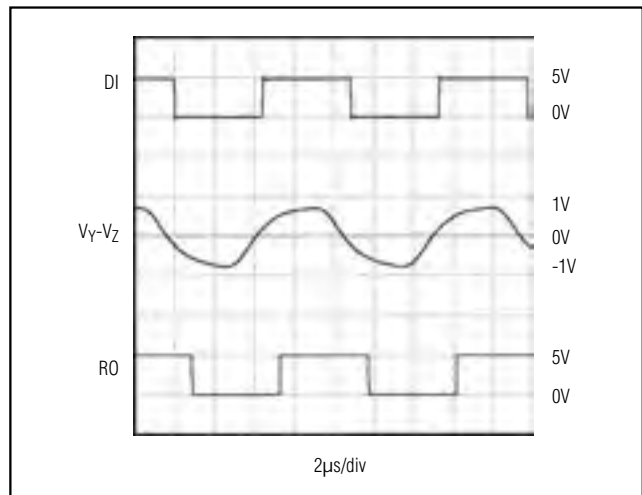


Figure 20. MAX483, MAX487–MAX489 System Differential Voltage at 110kHz Driving 4000ft of Cable

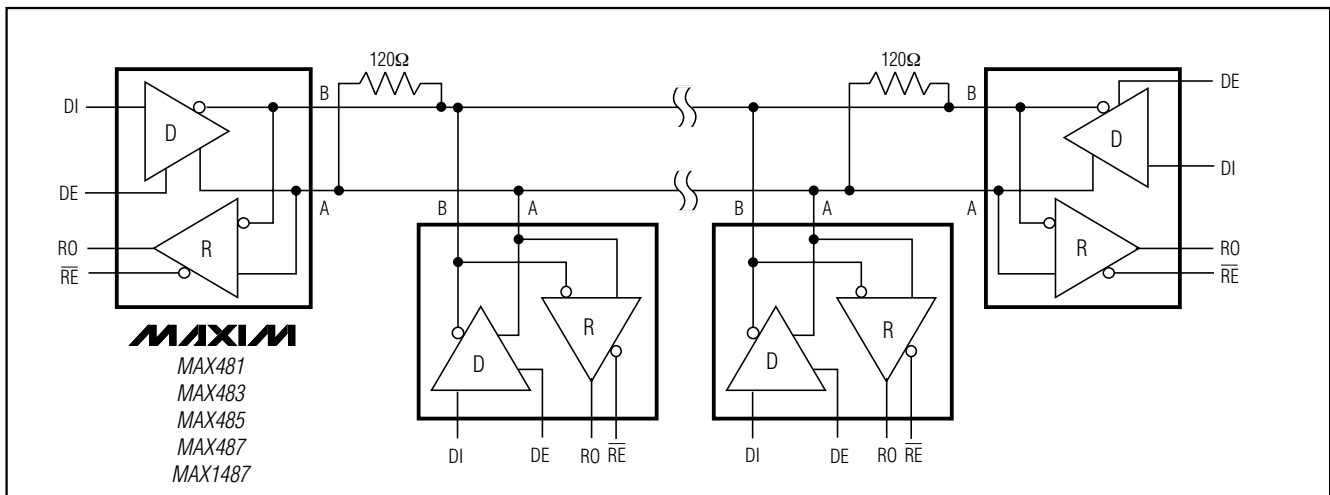


Figure 21. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Typical Half-Duplex RS-485 Network

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

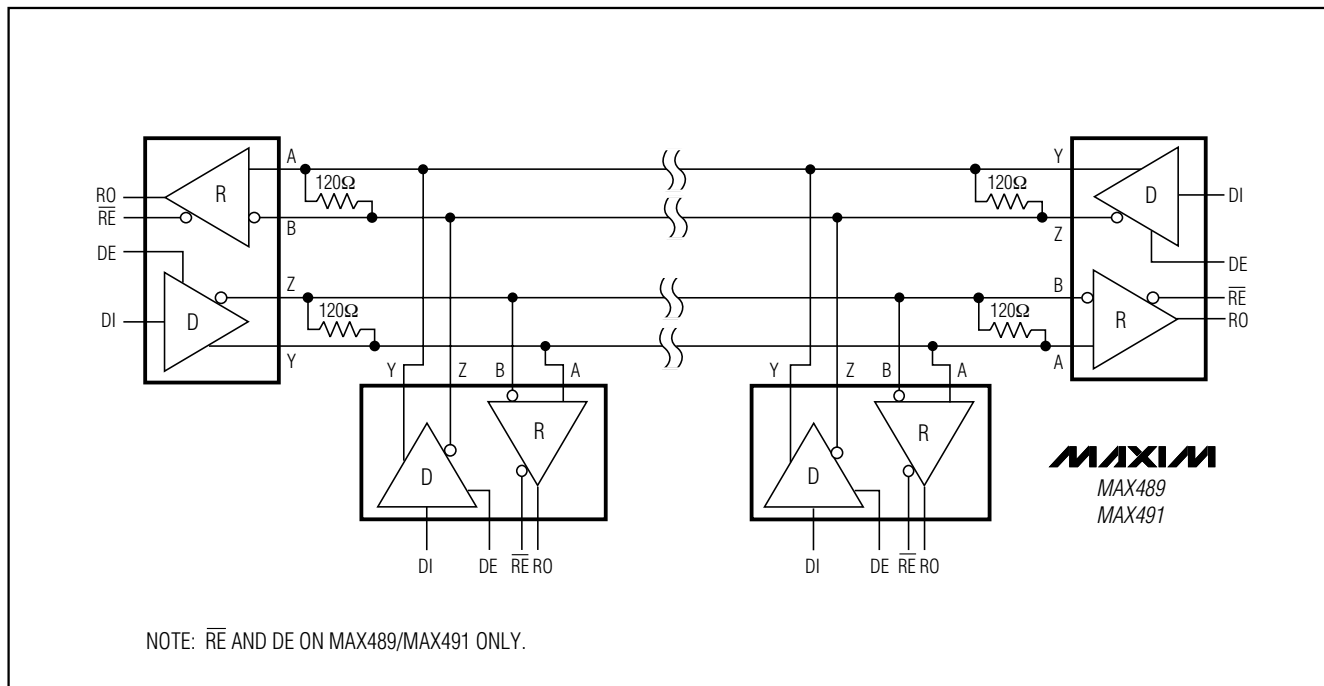


Figure 22. MAX488-MAX491 Full-Duplex RS-485 Network

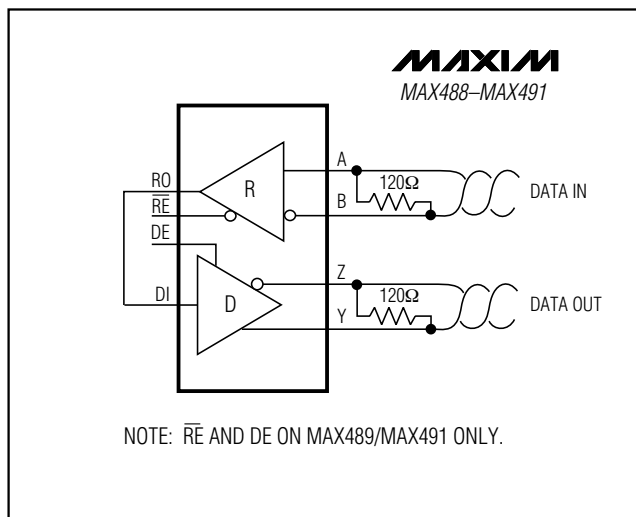


Figure 23. Line Repeater for MAX488-MAX491

Isolated RS-485

For isolated RS-485 applications, see the MAX253 and MAX1480 data sheets.

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX481 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX481CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX481CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX481C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX481EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX481ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX481MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX483 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX483CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX483CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX483C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX483EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX483ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX483MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX485 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX485CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX485CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX485C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX485EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX485ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX485MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX487 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX487CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX487CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX487C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX487EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX487ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX487MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX488 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX488CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX488CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX488C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX488EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX488ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX488MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX489 CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX489CSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX489C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX489EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX489ESD	-40°C to +85°C	14 SO
MAX489MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP

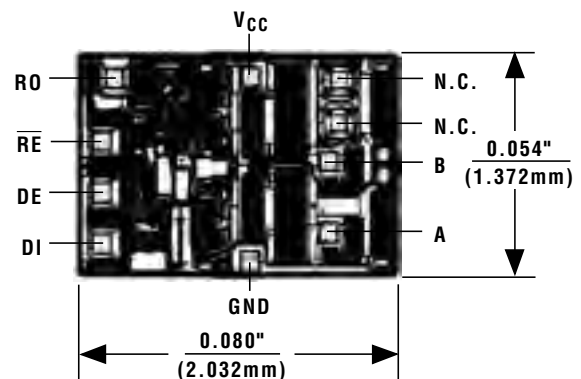
Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX490 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX490CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX490CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX490C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX490EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX490ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX490MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX491 CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX491CSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX491C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX491EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX491ESD	-40°C to +85°C	14 SO
MAX491MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX1487 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX1487CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX1487CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX1487C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX1487EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX1487ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX1487MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

* Contact factory for dice specifications.

Chip Topographies

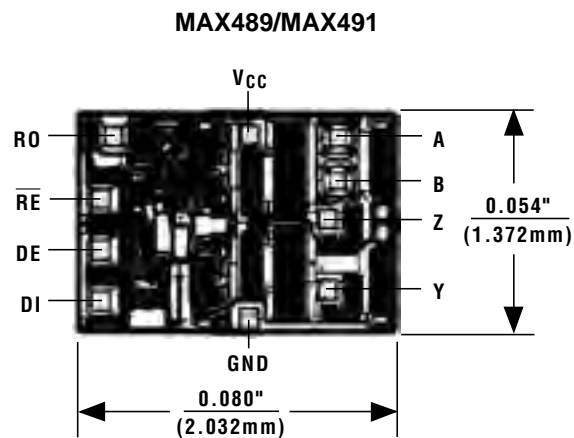
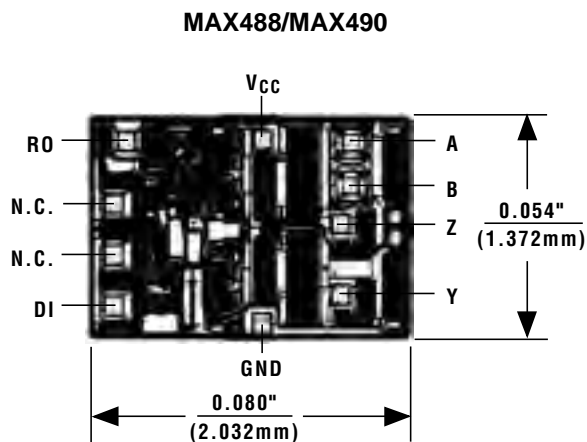
MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487



MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Chip Topographies (continued)

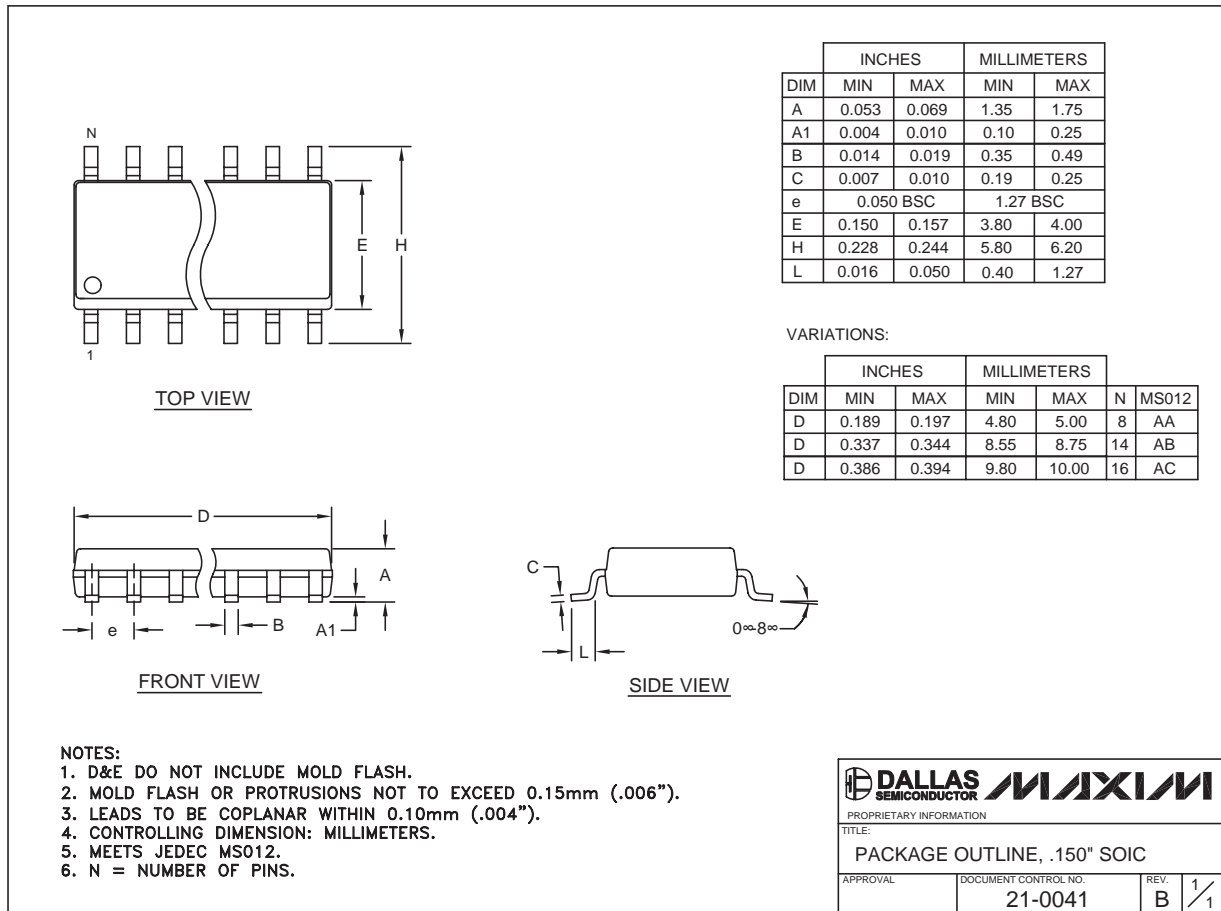


TRANSISTOR COUNT: 248
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Package Information

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)

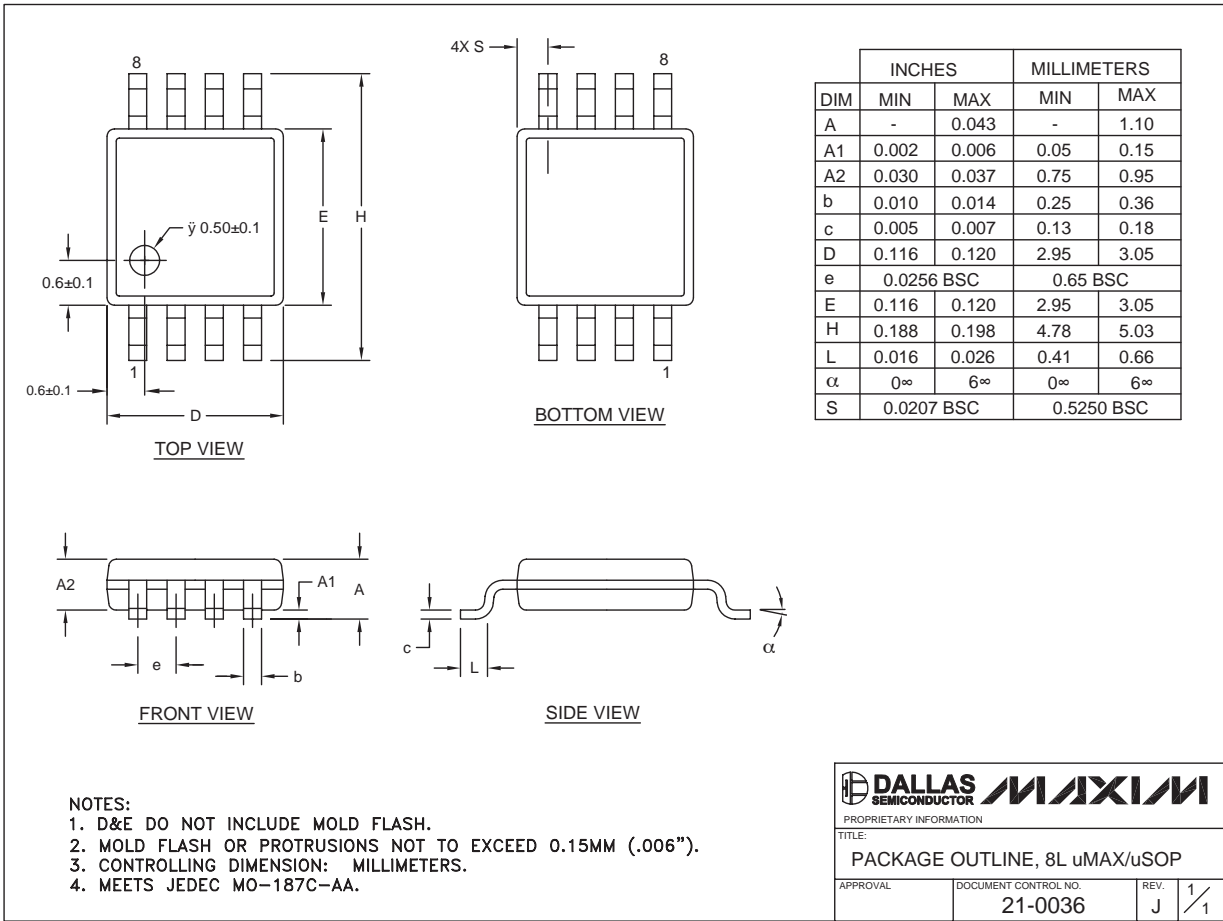


MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Package Information (continued)

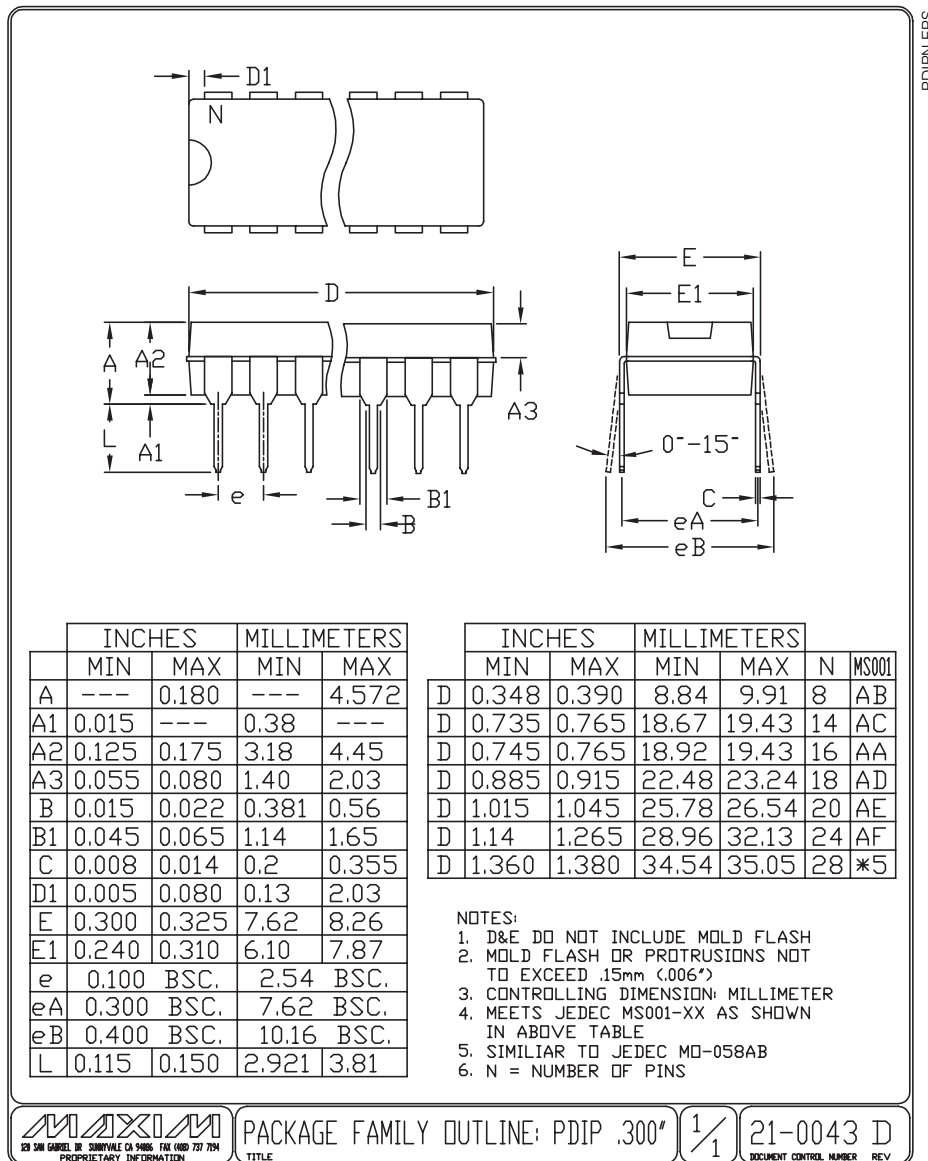
(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)



Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)



MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 19

1.9. Varios



SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

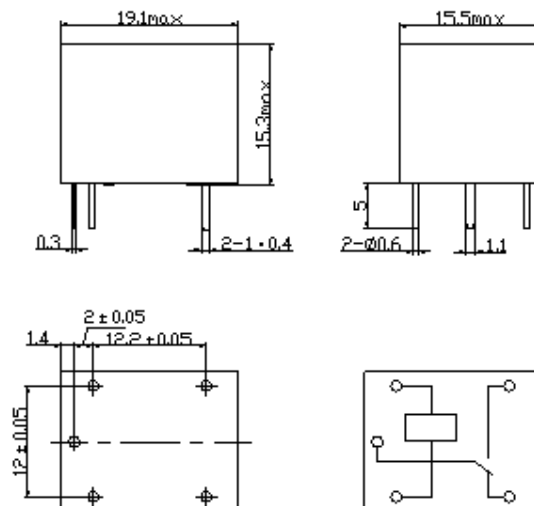
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03、05、06、09、12、24、48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B
				C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION(unit:mm) DRILLING(unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
	48	48	7.5	6400				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

7. CONTACT RATING

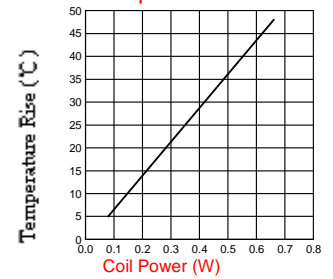
Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC	10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

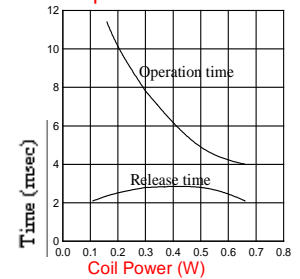
Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock		
Endurance		100G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA

Coil Temperature Rise

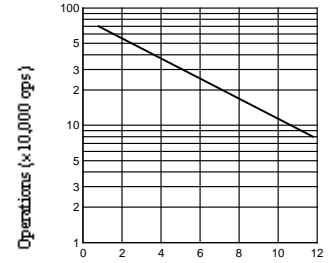


Operation Time

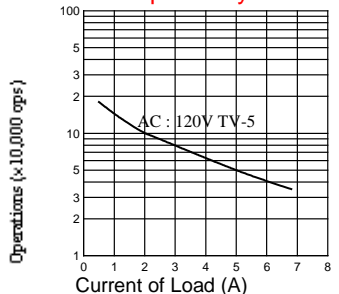


Life Expectancy

AC120V/DC24V $\cos\Phi=1$



Life Expectancy



Unidad de control SBRD-Q



Unidad de control SBRD-Q

Características

FESTO

Principio de funcionamiento

Las imágenes grabadas en el cabezal de cámara se envían al sistema de evaluación electrónica. En este se procesan distintas características de verificación según el objetivo de aplicación: longitud, altura, área, situación del centro de gravedad, aspecto en color o gris, redondez, etc.

Durante el ajuste de la cámara se presentan distintas piezas patrón para la definición de márgenes de tolerancia de validez para cada característica de verificación. Durante el proceso, la cámara calcula los valores característicos para la pieza que se está probando. Dependiendo de su posición (dentro o fuera de los márgenes de tolerancia programados), la pieza se clasificará como buena o como mala. También es posible transferir los resultados del cálculo de características a un PLC a través de Ethernet, PROFINET, Telnet o Ethernet IP. La cámara puede almacenar hasta 256 programas de verificación.

Las características calculadas por la cámara no dependen del ángulo o de la posición de la pieza analizada, pues se calculan relativamente con respecto a la posición de esta. Así pues, si la pieza bascula o se mueve dentro del campo visual, esto resulta irrelevante para el proceso de verificación. El comportamiento de la cámara durante la verificación se define en lo que se conoce como modo de evaluación. Se concreta de dos modos diferentes:

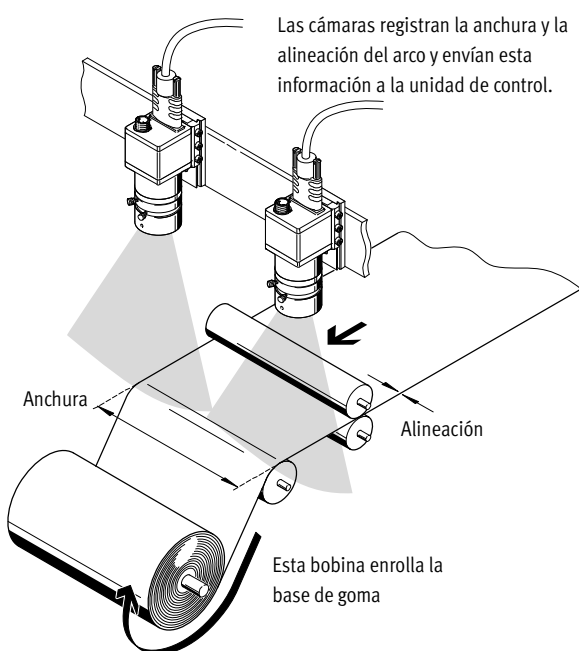
- Por disparador: grabación y comprobación de imágenes individuales en cada señal de disparador (evaluación de imágenes activada desde una señal externa)
- Por ráfaga: toma continua de imágenes (sin una frecuencia fija) y verificación de las mismas mientras esté activada la señal de disparo.

Campos de aplicación

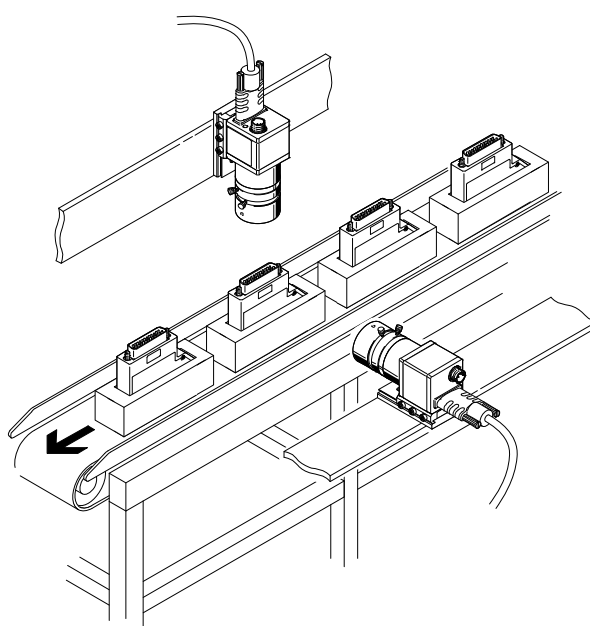
- Detección de posición y orientación de piezas
- Pick and Place
- Control de calidad
- Medición
- Lectura de códigos de barras y de códigos de matrices de datos (códigos 1D y 2D)
- Reconocimiento de textos (OCR)

Ejemplos de aplicación

Alineación de rodillos



Medición



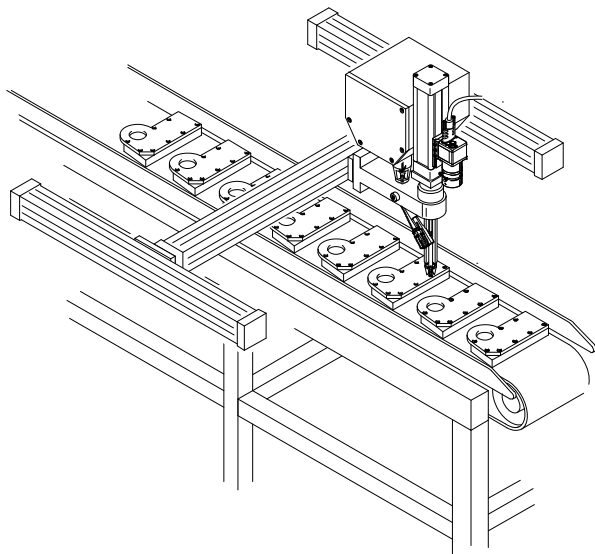
Unidad de control SBRD-Q

Características

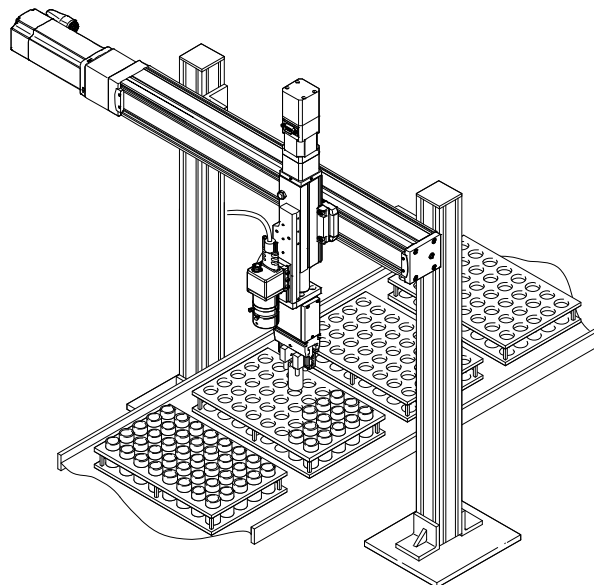
FESTO

Ejemplos de aplicación

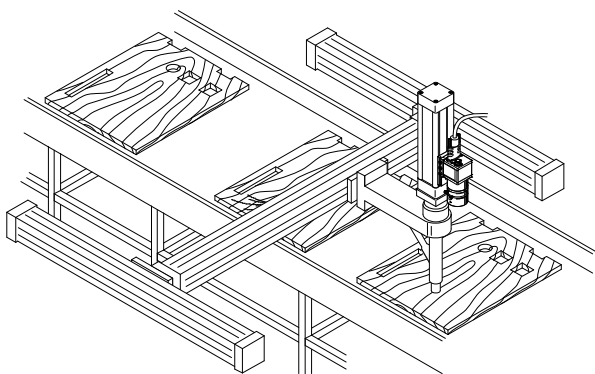
Tornillos



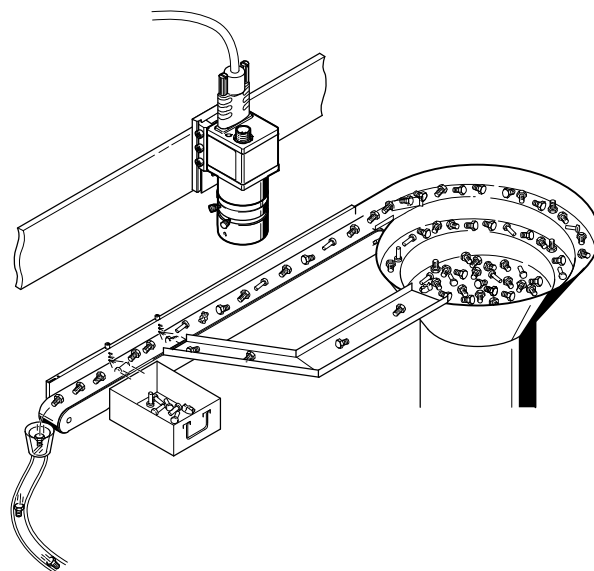
Pick and Place



Pegar



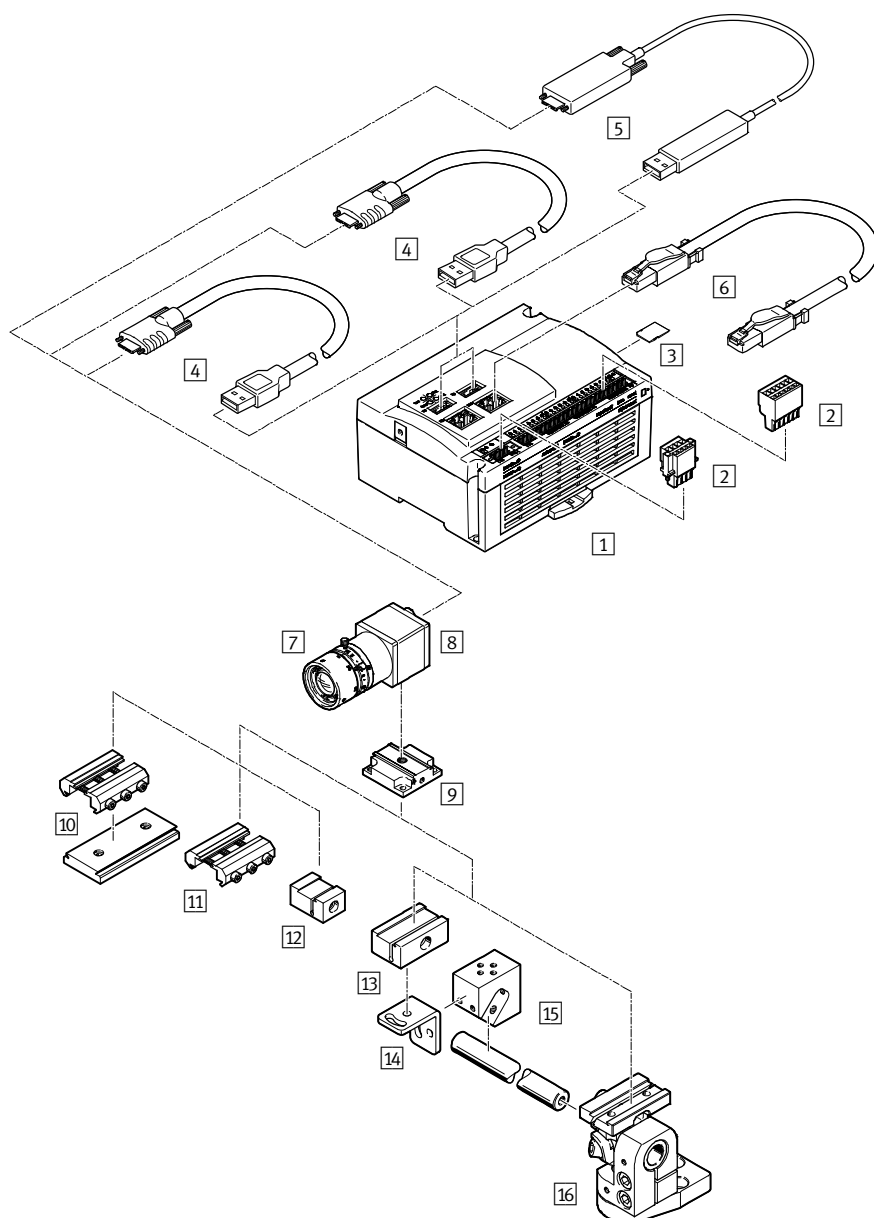
Clasificación de tornillos



Unidad de control SBRD-Q

Cuadro general de periféricos

FESTO



Accesorios	→ Página/Internet
1 Unidad de control SBRD-Q	7
2 Conector NECC-L2G...	17
3 Tarjeta de memoria CAMC-M-MS-G32	17
4 Cable de conexión NEBC-U7G10-KS-5-N-S-U5G9	17
5 Cable de conexión NEBC-U7G10-EH-...-N-S-U5G9	17
6 Cable de conexión NEBC-R3G4-ES-1-S-R3G4-ET	17
7 Cabezal de cámara SBPB-R2...	10
8 Objetivo SASF-C-L-...	12
9 Fijación SBAM-C11-CP	12

Accesorios	→ Página/Internet
10 Kit adaptador SBOA-HMSV-39	13
11 Kit adaptador SBOA-HMSV-40	13
12 Kit adaptador SBOA-HMSV-41	13
13 Fijación SBAM-C6-CP	14
14 Escuadra de fijación SBAM-C6-A	16
15 Fijación SBAM-C6-CP-AF	15
16 Fijación basculante SBAM-C6-...	14

Unidad de control SBRD-Q

Código de producto de la unidad de control



SBRD		-	Q
Equipos de control para sistemas de visión			
SBRD	Serie D		
Función			
Q	Control de calidad		

Unidad de control SBRD-Q

Código de producto del cabezal de cámara

FESTO

		SBPB	-		-		-		-	1E	-	1A	-	C
Función														
SBPB	Cabezal de cámara													
Resolución														
R2	1280 x 1024													
R5	1600 x 1200													
R9	2456 x 2054													
Sensor de imagen														
B	Monocromo													
C	Color													
Interfaz de comunicación														
U3	USB 3.0													
Entradas digitales														
1E	1 entrada													
Salidas digitales														
1A	1 salida													
Conexión del objetivo														
C	Montura C													

Unidad de control SBRD-Q

Hoja de datos

FESTO

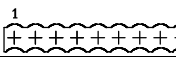
- ! - Temperatura
-5 ... +50 °C



Especificaciones técnicas generales

Dimensiones A x H x L	[mm]	130 x 106 x 60
Tipo de fijación		Con taladro pasante para tornillo M4
		Con perfil DIN
Peso del producto	[g]	315
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)		Según la Directiva sobre CEM de la UE
Protección contra contacto directo e indirecto		PELV
Tensión nominal de funcionamiento DC	[V]	24
Fluctuaciones de tensión admisibles	[%]	±10
Potencia absorbida con 24 V	[W]	20

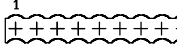
Interfaz de entrada y salida

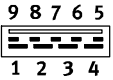
Función		10 Entradas digitales
		2 Entradas digitales con resistencia Pull-Up
		8 Salidas digitales
		Conexión a tierra
		Alimentación eléctrica
Tipo de conexión		Conector
Técnica de conexión	[mm]	Conector para pletinas RM 3,5
Número de contactos/hilos		24
Esquema de conexiones		
Cantidad de entradas		12
Nota sobre las entradas		2 de las 12 entradas con resistencia Pull-Up integrada
Nivel de conmutación	[V]	Señal 1: ≥ 10
		Señal 0: ≤ 1
Nota sobre el nivel de conmutación	[V]	Señal 0: ≤ 1
		Señal 1: ≥ 8
		Para resistencia Pull-Up integrada
Lógica de conmutación de las entradas		PNP (conmutación positiva)
Cantidad de salidas		8
Salidas digitales, corriente de salida	[mA]	450
Lógica de conmutación de las salidas		PNP (conmutación positiva)

Unidad de control SBRD-Q

Hoja de datos

FESTO

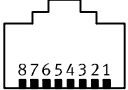
Alimentación eléctrica	
Función	Electrónica
Tipo de conexión	Conector
Técnica de conexión [mm]	Conector para pletinas RM 3,5
Número de contactos/hilos	4
Esquema de conexiones	

Interfaz de cámara	
Función	Solo para comunicación con la cámara
Tipo de conexión	2 Zócalos
Técnica de conexión	USB 3.0 tipo A
Número de contactos/hilos	9
Nota sobre la interfaz de cámara	Deben usarse exclusivamente los cables expresamente indicados por Festo como accesorios
Esquema de conexiones	

Interfaz de bus de campo	
Función	PROFINET

Ranura de tarjeta	
Soporte de datos	microSD
Capacidad de la tarjeta	≤ 32 GB

Inmisiones y emisiones	
Temperatura de almacenamiento [°C]	-20 ... +70
Grado de protección	IP20
Temperatura ambiente [°C]	-5 ... +50
Humedad relativa del aire [%]	95
	Sin condensación

Interfaz Ethernet	
Protocolo	TCP/IP
Función	Diagnóstico Programación
Tipo de conexión	Zócalo
Técnica de conexión	RJ45
Número de contactos/hilos	8
Velocidad de transmisión [Mbit/s]	10
	100
	1000
Esquema de conexiones	

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Material de la carcasa	Reforzada con PA
Nota sobre los materiales	Conformidad con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)

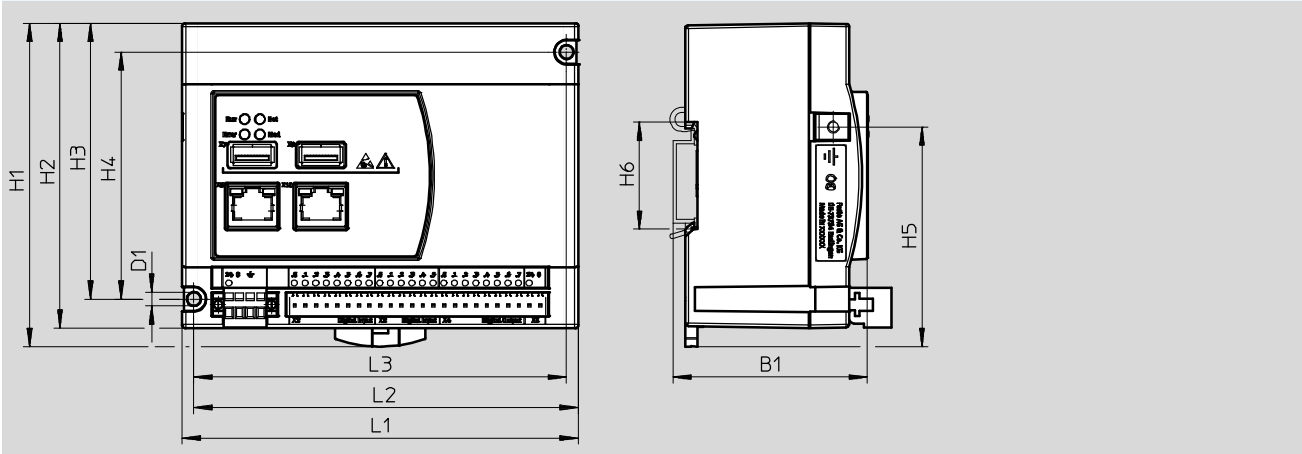
Unidad de control SBRD-Q

Hoja de datos

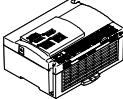


Dimensiones

Datos CAD disponibles en www.festo.com





Tipo	B1	D1 Ø	H1	H2	H3	H4	H5	H6	L1	L2	L3
SBRD-Q	63,7	4,5	106	100	90,5	81	72	35,2	130	126,1	122,2

Referencias de pedido			
Unidad de control	Nº art.		Código de producto
	8067301		SBRD-Q

Cabezal de cámara SBPB

Accesorios y referencias de pedido

FESTO

-  Tensión
5 V
-  Temperatura
0 ... +40 °C



Especificaciones técnicas generales		
Resolución del sensor	-R2	1280 x 1024 píxeles (SXGA)
	-R5	1600 x 1200 píxeles (UXGA)
	-R9	2456 x 2054 píxeles (5MPix)
Tipos de sensor	-B	Monocromo
	-C	Color
Fijación del objetivo		Montura C
Campo visual	[mm]	Según el objetivo seleccionado
Anchura	[mm]	29
Altura	[mm]	29
Longitud	[mm]	49
Tipo de fijación		Con taladro pasante para tornillo M3
Peso del producto	[g]	52
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)		Según la Directiva sobre CEM de la UE

Interfaz USB		
Función		Alimentación eléctrica
		Comunicación
Tipo de conexión		Zócalo
Técnica de conexión		USB 3.0 tipo B micro
Número de contactos/hilos		10
Tensión nominal de funcionamiento DC	[V]	5
Fluctuaciones de tensión admisibles	[%]	+/- 5
Consumo eléctrico	-R2 [W]	1,3 ... 1,5
	-R5 [W]	1,3 ... 1,5
	-R9 [W]	2,3 ... 3

Interfaz de entrada y salida	
Función	Sin función

Inmisiones y emisiones		
Grado de protección		IP30 montado
Temperatura de almacenamiento	[°C]	-20 ... +60
Temperatura ambiente	[°C]	0 ... +40

Electrónica		
Distancia funcional	[mm]	Según el objetivo seleccionado
Tiempo de exposición	-R2	9 µs - 2000 ms
	-R5	20 µs - 10000 ms
	-R9	27 µs - 999 ms

Cabezal de cámara SBPB

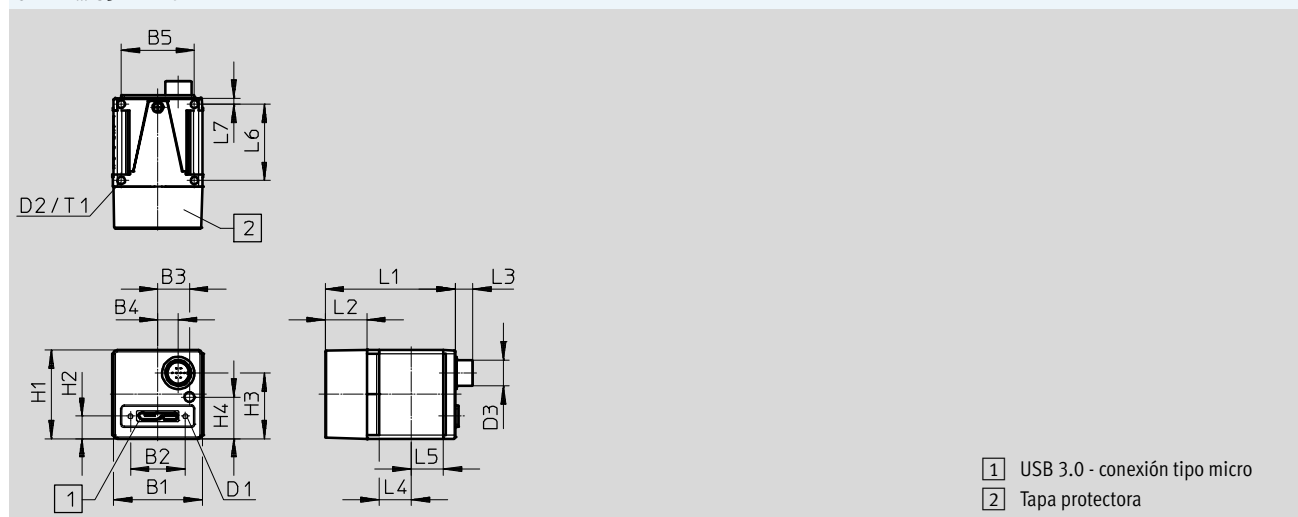
Accesorios y referencias de pedido

FESTO

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Condiciones ambientales	Aislamiento de influencias extremas de luz ajena
	Aire ambiente lo más limpio posible
	Ambiente seco
Humedad relativa del aire	[%] 20 ... 80
Material de la carcasa	Aleación forjada de aluminio anodizado
Nota sobre los materiales	Conformidad con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)

Dimensiones Datos CAD disponibles en → www.festo.com

SBPB-R...-U3-1E1A-C



Tipo	B1	B2	B3	B4	B5	D1	D2	D3 Ø	H1	H2
SBPB-R ... -U3-1E1A-C	29	18	10,4	6,7	24	M2x4	M3	8,5	29	7,3


Tipo	H3	H4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	T1
SBPB-R ... -U3-1E1A-C	21,5	13,6	42,6	13,6	5,7	10,5	10,5	25	2	3,5

Referencias de pedido: cabezal de cámara					
	Resolución del sensor	Tiempo de exposición	Frecuencia de imágenes (pantalla completa) [fps]	Nº art.	Código de producto
	1280 x 1024 píxeles (SXGA)	9 µs - 2000 ms	60	8066466	SBPB-R2B-U3-1E1A-C
			60	8066467	SBPB-R2C-U3-1E1A-C
	1600 x 1200 píxeles (UXGA)	20 µs - 10000 ms	60	8066468	SBPB-R5B-U3-1E1A-C
			60	8066469	SBPB-R5C-U3-1E1A-C
	2456 x 2054 píxeles (5MPix)	27 µs - 999 ms	36	8066470	SBPB-R9B-U3-1E1A-C
			36	8066471	SBPB-R9C-U3-1E1A-C

Unidad de control SBRD-Q

Accesorios y referencias de pedido

FESTO

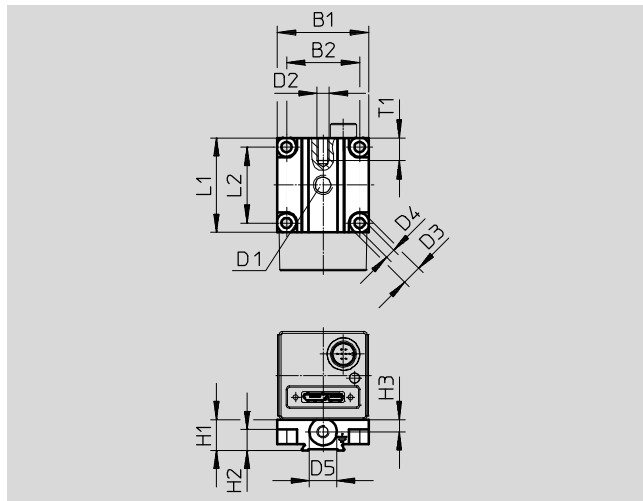
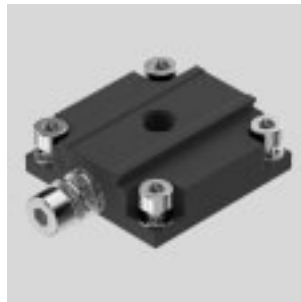
Referencias de pedido: objetivo				Hojas de datos → Internet: sasf-c	
	Formato [pulgadas]	Distancia funcional [mm]	Distancia focal [mm]	N° art.	Código de producto
	1/2	≥200	6	572910	SASF-C-L-F6
		≥250	12	572911	SASF-C-L-F12
	2/3	≥250	16	572912	SASF-C-L-F16
			25	572913	SASF-C-L-F25
		≥350	35	572914	SASF-C-L-F35

Fijación SBAM-C11-CP

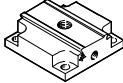
Tipo de fijación: con rosca

Material: aleación forjada de aluminio anodizado

Nota sobre los materiales:
Conformidad con la Directiva
2002/95/CE (RoHS)



Tipo	B1	B2	D1	D2	D3	D4	D5	H1	H2	H3	L1	L2	T1
SBAM-C11-CP	30	24	1/4-20 UNC	M4	6,5	3,4	9	10,2	6,9	4	31	25	7,5

Referencias de pedido			
Fijación		Peso [g]	N° art. Código de producto
		19	8066474 SBAM-C11-CP

Unidad de control SBRD-Q

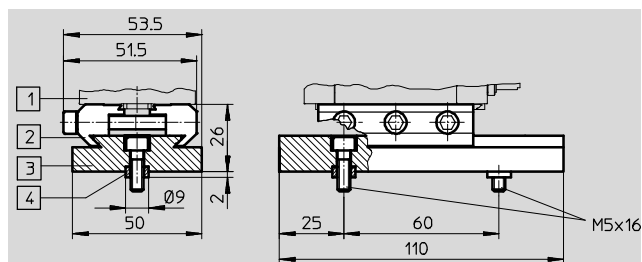
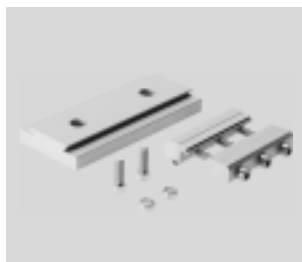
FESTO

Accesorios y referencias de pedido

Kit adaptador SBOA-HMSV-39

Con placa adaptadora atornillable

Materiales:
Aleación forjada de aluminio
anodizado

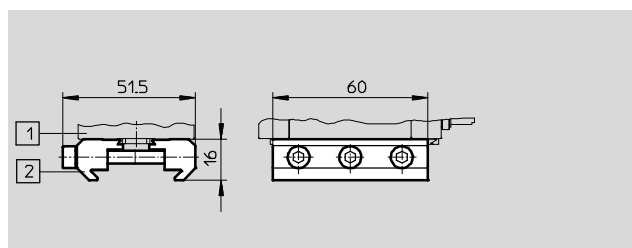


Referencias de pedido		
	Nº art.	Código de producto
Kit adaptador	541599	SBOA-HMSV-39

Kit adaptador SBOA-HMSV-40

Sin placa adaptadora atornillable

Materiales:
Aleación forjada de aluminio
anodizado

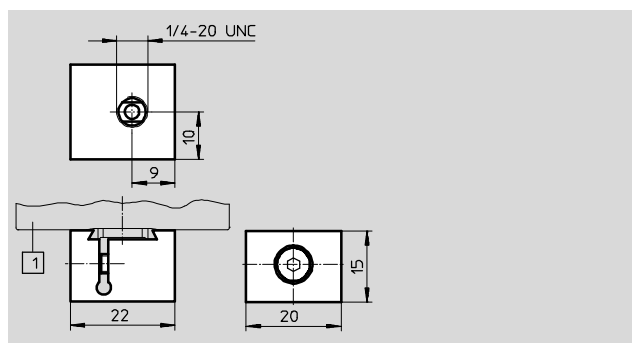


Referencias de pedido		
	Nº art.	Código de producto
Kit adaptador	541600	SBOA-HMSV-40

Kit adaptador SBOA-HMSV-41

Con rosca interior G1/4 para el
montaje en trípode convencional

Materiales:
Aleación forjada de aluminio
anodizado



Referencias de pedido		
	Nº art.	Código de producto
Kit adaptador	542140	SBOA-HMSV-41

Unidad de control SBRD-Q

Accesorios y referencias de pedido

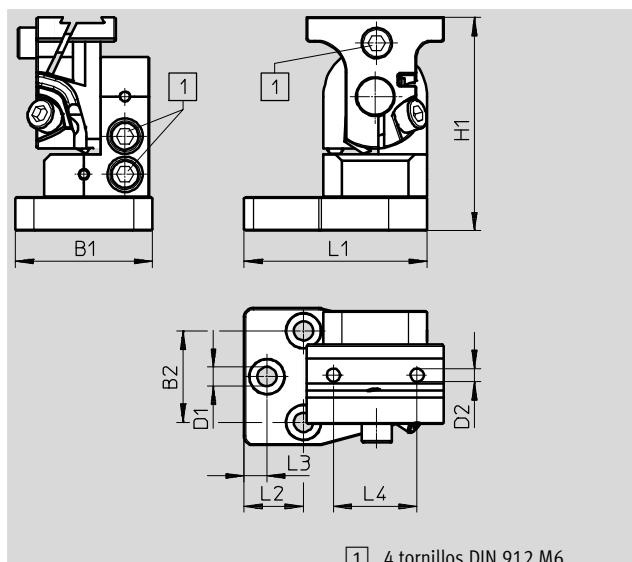
FESTO

Fijación basculante SBAM-C6-...

Tipo de fijación: con ranura tipo cola de milano, con taladro pasante

Información sobre el material:
aleación forjada de aluminio
anodizado

Nota sobre el material: conforme con
la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



1 4 tornillos DIN 912 M6

Dimensiones [mm] y referencias

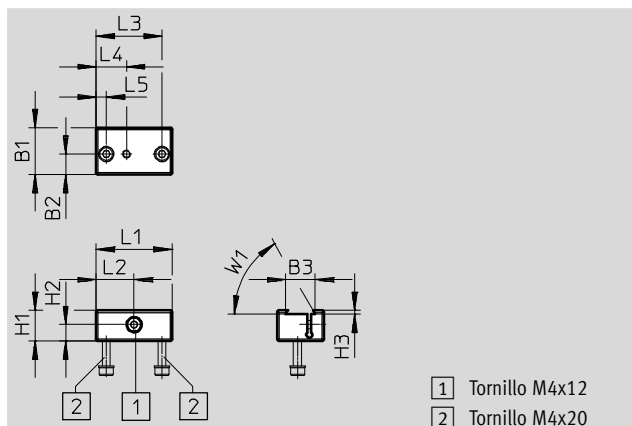
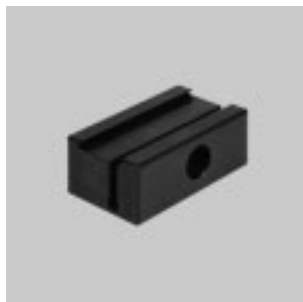
B1	B2	D1 Ø	D2 Ø	H1	L1	L2	L3	L4	Peso [g]	Nº art.	Código de producto
45	30	6,3	4,3	70	65,5	19,5	7,5	27,4	209	8058739	SBAM-C6-A2-AF
									28	8058740	SBAM-C6-CP-AF

Fijación SBAM-C6-CP

Tipo de fijación: con ranura tipo cola de milano, con rosca

Información sobre el material:
aluminio anodizado

Nota sobre el material: conforme con
la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



1 Tornillo M4x12
2 Tornillo M4x20

Dimensiones [mm] y referencias

B1	B2	B3	H1	H2	H3	L1	L2	L3	L4	L5	W1	Peso [g]	CRC ¹⁾	Nº art.	Código de producto
23	10	14,5	15	8	1,8	37,4	18,7	32,4	15	5	60°	28	2	8031376	SBAM-C6-CP

1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Unidad de control SBRD-Q

FESTO

Accesorios y referencias de pedido

Fijación

SBAM-C6-CP-AF

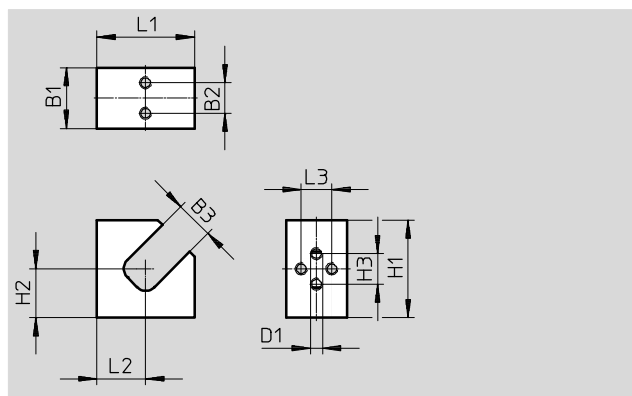
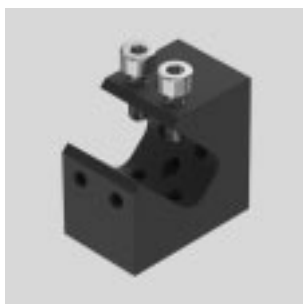
Tipo de fijación: con rosca, prensado

Información sobre el material:

aleación forjada de aluminio

anodizado

Nota sobre el material: conforme con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



Dimensiones [mm] y referencias

B1	B2	B3	D1	H1	H2	H3	L1	L2	L3	Peso [g]	Nº art.	Código de producto
20	10	12,5	M4	32	16	10	32	16	10	28	8058740	SBAM-C6-CP-AF

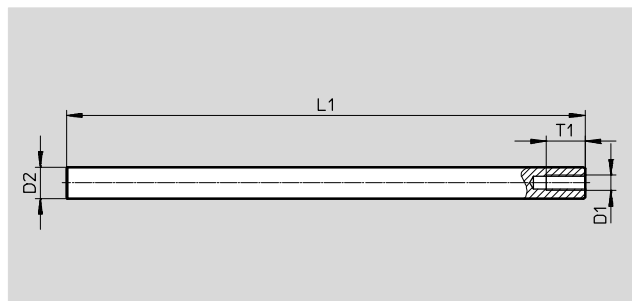
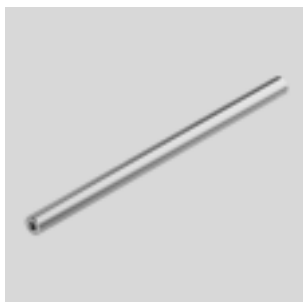
Fijación

Tipo de fijación: con rosca, prensado

Información sobre el material: acero

de alta aleación

Nota sobre el material: conforme con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



Dimensiones [mm] y referencias

D1	D2 Ø	L1	T1	Resistencia a la corrosión [CRC ¹]	Peso [g]	Nº art.	Código de producto
M6	12	200	15	2	178	8058741	SBAM-C6-MR-200
		300			265	8058742	SBAM-C6-MR-300

1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Unidad de control SBRD-Q

Accesorios y referencias de pedido

FESTO

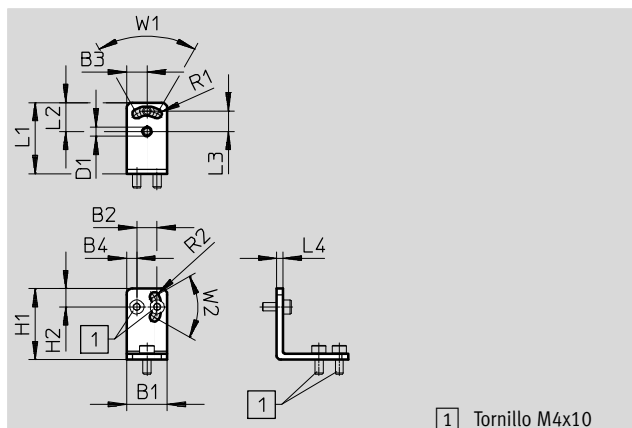
Escuadra de fijación

SBAM-C6-A

Tipo de fijación: con taladro pasante

Información sobre el material: acero de alta aleación

Nota sobre el material: conforme con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



Dimensiones [mm] y referencias									
B1	B2	B3	B4	D1 Ø	H1	H2	L1	L2	L3
20	10	10	5	4,5	35	9	35	14,3	10

L4	R1	R2	W1	W2	Peso [g]	CRC ¹⁾	Nº art.	Código de producto	
3	2,3	2,3	60°	60°	27	2	8031377	SBAM-C6-A	

1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Smart Camera SBRD

FESTO

Sencilla
e
intuitiva



¡Comprobaciones rápidas y seguras!

Aspectos más destacados

- Sistema de cámara económico de 5 megapíxeles
- Usos múltiples en aplicaciones estándar
- Parametrización rápida
- Procesamiento de imágenes con procesos muy estables
- Control con procesador DualCore y comunicación PROFINET

La Smart Camera SBRD es perfecta para principiantes y profesionales. Sus cámaras de alta resolución, el controlador Machine Vision especialmente diseñado y el software potente abren un abanico de opciones nuevas en el sector de la automatización y robótica. Todo con las prestaciones garantizadas de Festo.

Diseño para tareas de multicámara.

El controlador de cabezal remoto sin ventilador y de diseño optimizado con procesador potente Dual-Core e interfaz PROFINET ha sido diseñado especialmente para la multicámara. Con las dos interfaces de cámara realiza inspecciones desde varias perspectivas o comprobaciones en grandes campos visuales, como p. ej., si la codificación cromática de perfil coincide con la superficie de rodadura. Las cámaras SBPB ligeras y ultracompactas con USB producen imágenes en color y monocromo. La resolución de hasta 5 megapíxeles es la solución óptima para muchas aplicaciones estándar, y además es una opción muy económica.

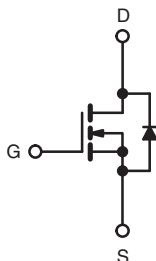
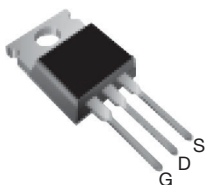
Rápida y de procesos fiables

El software de edición de imágenes Camera Configuration Studio (CCS) se maneja fácilmente y es muy intuitivo. La evaluación única de imágenes permite un tratamiento de las imágenes especialmente estable mediante listas. Con la herramienta adicional CCS xRun para aplicaciones pick & place parametrizará las herramientas de pruebas con mucha rapidez. Así ahorrará tiempo en la creación del programa y el mantenimiento.

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY

V_{DS} (V)	100	
$R_{DS(on)}$ (Ω)	$V_{GS} = 5.0$ V	0.077
Q_g (Max.) (nC)	64	
Q_{gs} (nC)	9.4	
Q_{gd} (nC)	27	
Configuration	Single	

TO-220AB


N-Channel MOSFET

FEATURES

- Dynamic dV/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Logic-Level Gate Drive
- $R_{DS(on)}$ Specified at $V_{GS} = 4$ V and 5 V
- 175 °C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC


RoHS*
COMPLIANT

DESCRIPTION

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.

ORDERING INFORMATION

Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRL540PbF SiHL540-E3
SnPb	IRL540 SiHL540

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_C = 25$ °C, unless otherwise noted)

PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage	V_{DS}	100	V
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 10	
Continuous Drain Current	I_D	$T_C = 25$ °C	A
		$T_C = 100$ °C	
Pulsed Drain Current ^a	I_{DM}	110	
Linear Derating Factor		1.0	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy ^b	E_{AS}	440	mJ
Avalanche Current ^a	I_{AR}	28	A
Repetitive Avalanche Energy ^a	E_{AR}	15	mJ
Maximum Power Dissipation	P_D	150	W
Peak Diode Recovery dV/dt ^c	dV/dt	5.5	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	- 55 to + 175	°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s	300 ^d	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw	10	lbf · in
		1.1	N · m

Notes

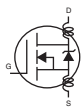

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- $V_{DD} = 25$ V, starting $T_J = 25$ °C, $L = 841$ μ H, $R_g = 25$ Ω , $I_{AS} = 28$ A (see fig. 12c).
- $I_{SD} \leq 28$ A, $di/dt \leq 170$ A/ μ s, $V_{DD} \leq V_{DS}$, $T_J \leq 175$ °C.
- 1.6 mm from case.

* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply

THERMAL RESISTANCE RATINGS

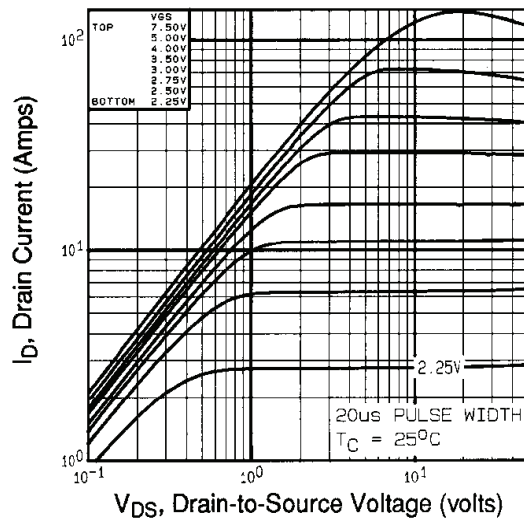
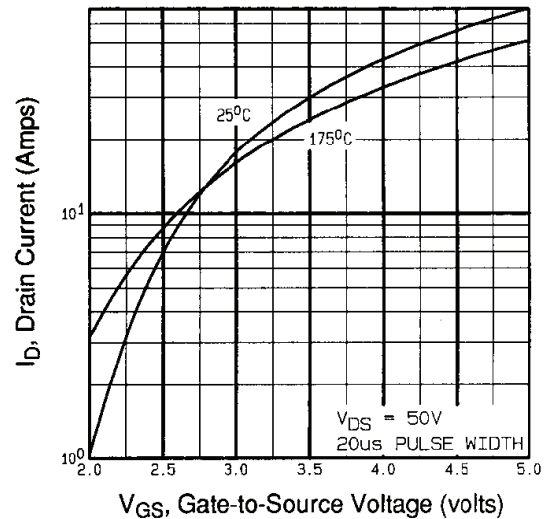
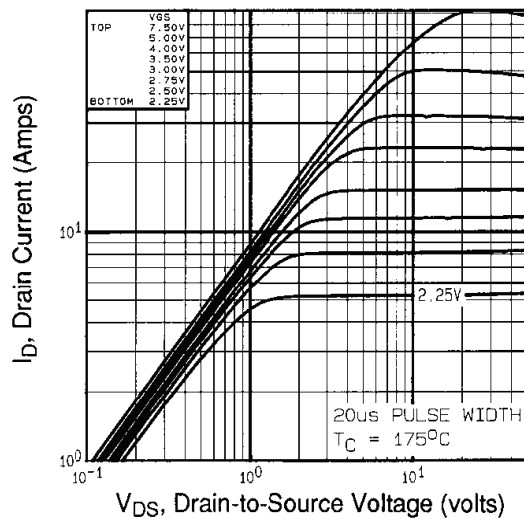
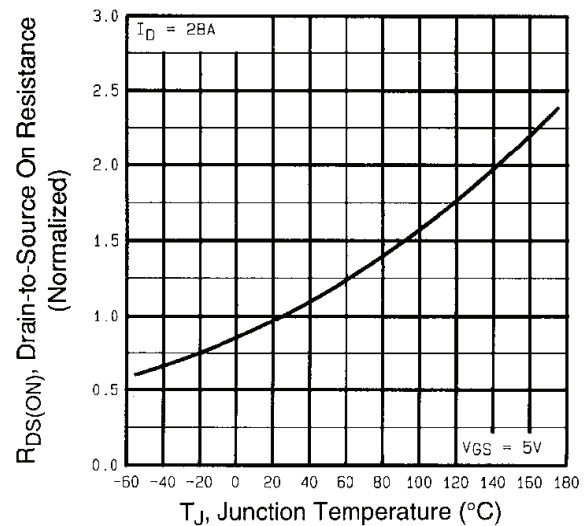
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	R_{thJA}	-	62	°C/W
Case-to-Sink, Flat, Greasd Surface	R_{thCS}	0.50	-	
Maximum Junction-to-Case (Drain)	R_{thJC}	-	1.0	

SPECIFICATIONS ($T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Static							
Drain-Source Breakdown Voltage	V _{DS}	V _{GS} = 0 V, I _D = 250 μA		100	-	-	V
V _{DS} Temperature Coefficient	ΔV _{DS} /T _J	Reference to 25 °C, I _D = 1 mA		-	0.12	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	V _{GS(th)}	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250 μA		1.0	-	2.0	V
Gate-Source Leakage	I _{GSS}	V _{GS} = ± 10 V		-	-	± 100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I _{DSS}	V _{DS} = 100 V, V _{GS} = 0 V		-	-	25	μA
		V _{DS} = 80 V, V _{GS} = 0 V, T _J = 150 °C		-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	R _{DS(on)}	V _{GS} = 5.0 V	I _D = 17 A ^b	-	-	0.077	Ω
		V _{GS} = 4.0 V	I _D = 14 A ^b	-	-	0.11	
Forward Transconductance	g _{fs}	V _{DS} = 50 V, I _D = 17 A		12	-	-	S
Dynamic							
Input Capacitance	C _{iss}	V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 25 V, f = 1.0 MHz, see fig. 5		-	2200	-	pF
Output Capacitance	C _{oss}			-	560	-	
Reverse Transfer Capacitance	C _{rss}			-	140	-	
Total Gate Charge	Q _g	V _{GS} = 5.0 V	I _D = 28 A, V _{DS} = 80 V, see fig. 6 and 13 ^b	-	-	64	nC
Gate-Source Charge	Q _{gs}			-	-	9.4	
Gate-Drain Charge	Q _{gd}			-	-	27	
Turn-On Delay Time	t _{d(on)}	V _{DD} = 50 V, I _D = 28 A, R _g = 9.0 Ω, R _D = 1.7 Ω, see fig. 10 ^b		-	8.5	-	ns
Rise Time	t _r			-	170	-	
Turn-Off Delay Time	t _{d(off)}			-	35	-	
Fall Time	t _f			-	80	-	
Internal Drain Inductance	L _D	Between lead, 6 mm (0.25") from package and center of die contact 		-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L _S			-	7.5	-	
Drain-Source Body Diode Characteristics							
Continuous Source-Drain Diode Current	I _S	MOSFET symbol showing the integral reverse p - n junction diode 		-	-	28	A
Pulsed Diode Forward Current ^a	I _{SM}			-	-	110	
Body Diode Voltage	V _{SD}	T _J = 25 °C, I _S = 28 A, V _{GS} = 0 V ^b		-	-	2.5	V
Body Diode Reverse Recovery Time	t _{rr}	T _J = 25 °C, I _F = 28 A, dI/dt = 100 A/μs ^b		-	200	260	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	Q _{rr}			-	1.7	2.90	μC
Forward Turn-On Time	t _{on}	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S and L _D)					

Notes

- a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
b. Pulse width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.

TYPICAL CHARACTERISTICS (25 °C, unless otherwise noted)

Fig. 1 - Typical Output Characteristics, $T_C = 25^\circ\text{C}$

Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

Fig. 2 - Typical Output Characteristics, $T_C = 175^\circ\text{C}$

Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature

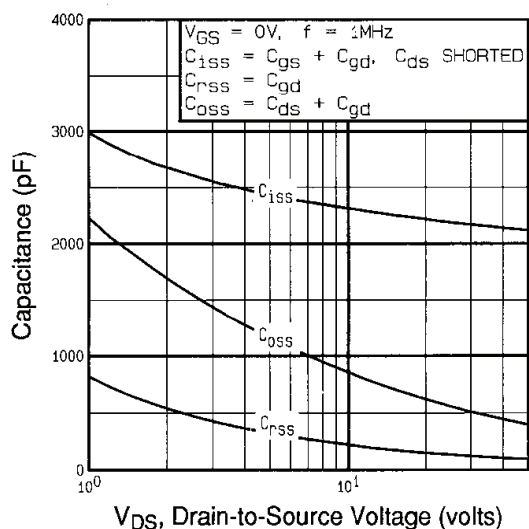


Fig. 5 - Typical Capacitance vs. Drain-to-Source Voltage

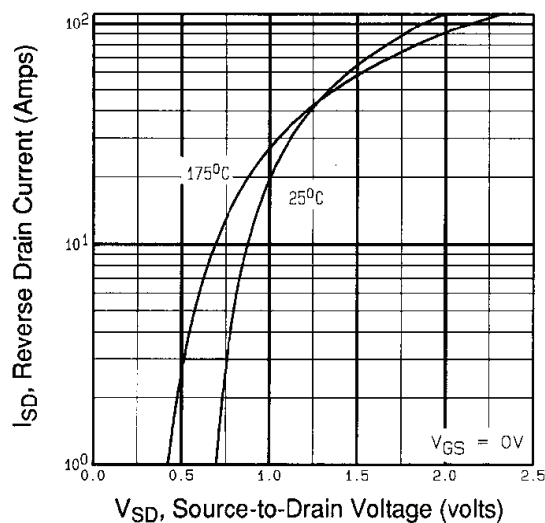


Fig. 7 - Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

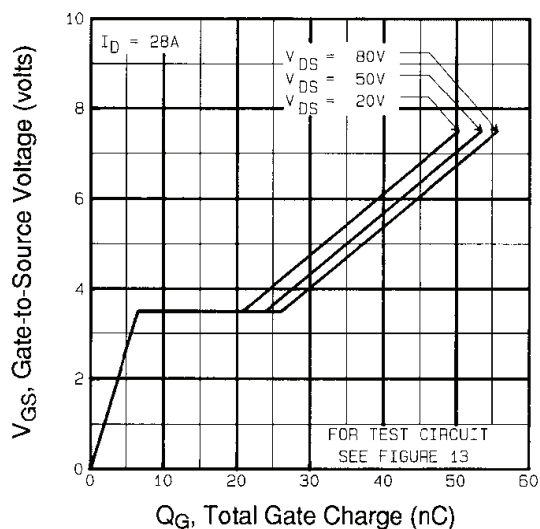


Fig. 6 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Source Voltage

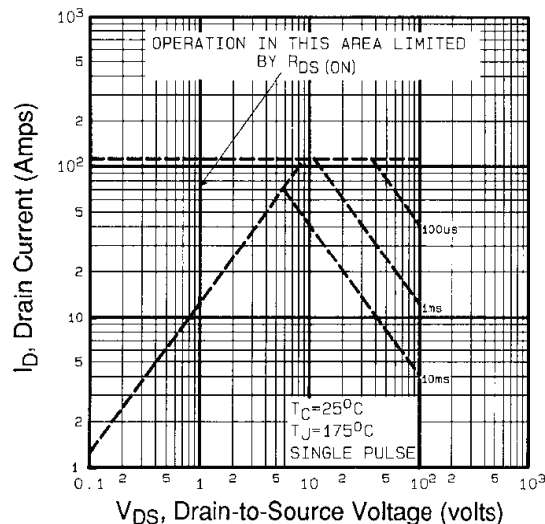
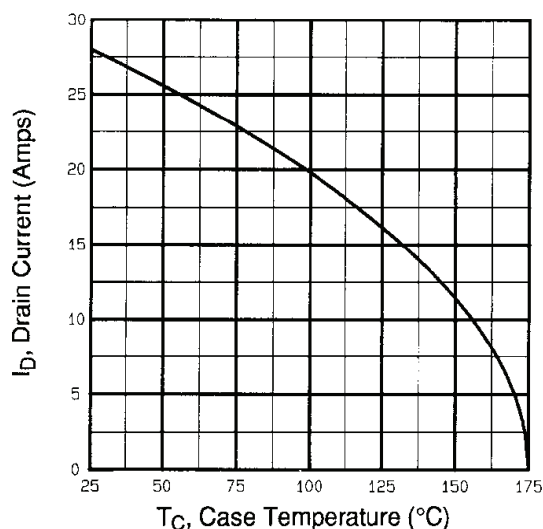
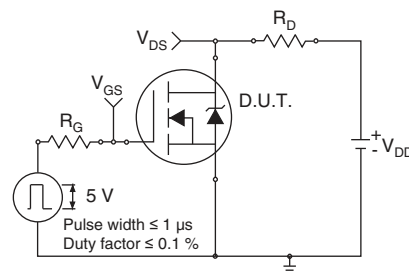
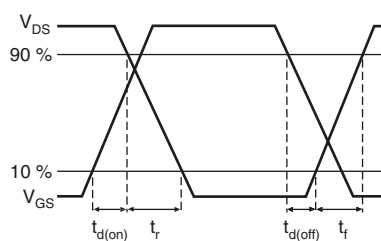
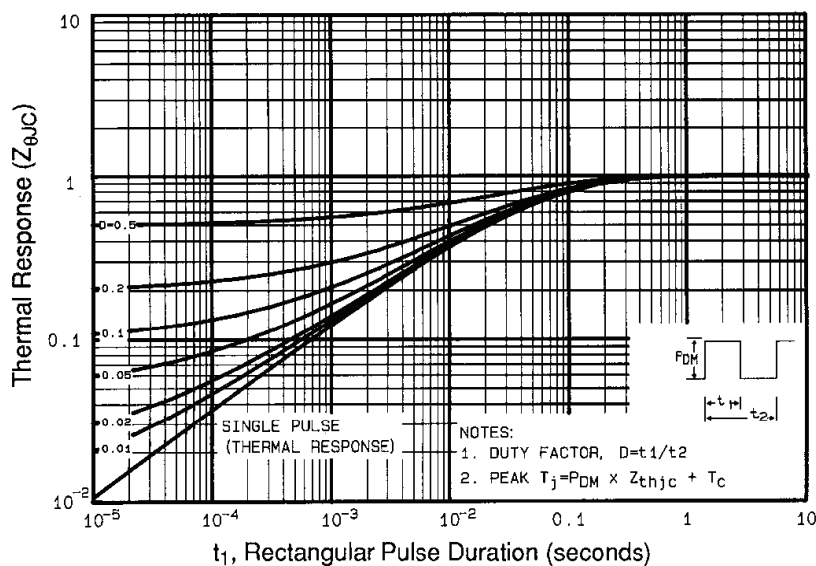


Fig. 8 - Maximum Safe Operating Area


Fig. 9 - Maximum Safe Operating Area

Fig. 10a - Switching Time Test Circuit

Fig. 10b - Switching Time Waveforms

Fig. 11 - Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

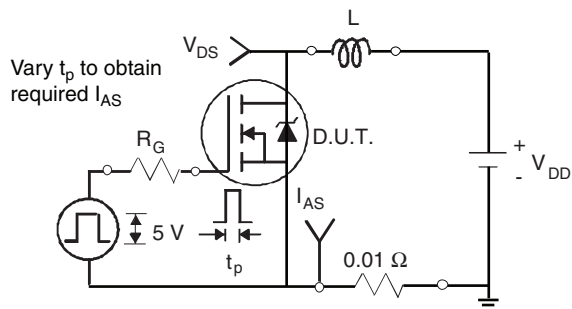


Fig. 12a - Unclamped Inductive Test Circuit

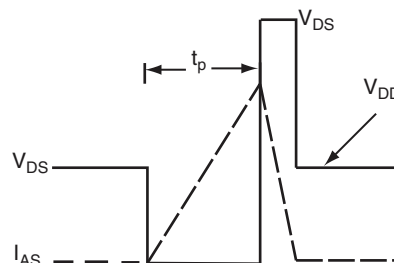


Fig. 12b - Unclamped Inductive Waveforms

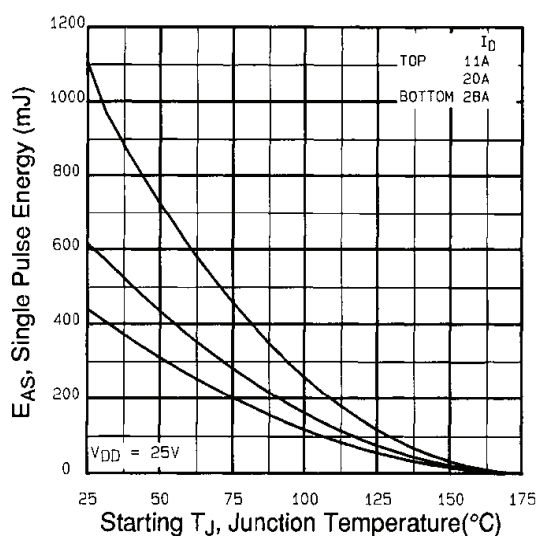


Fig. 12c - Maximum Avalanche Energy vs. Drain Current

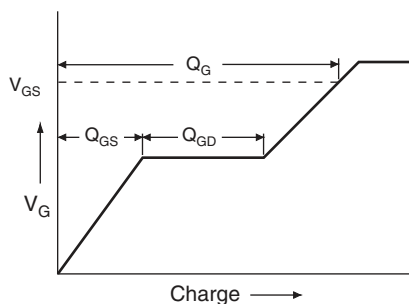


Fig. 13a - Basic Gate Charge Waveform

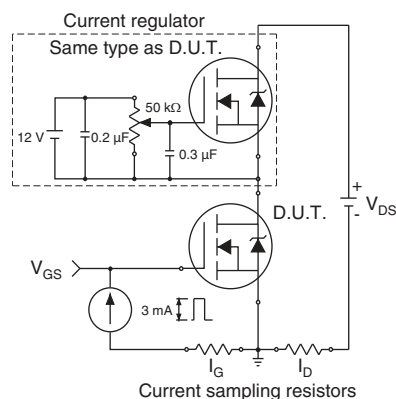
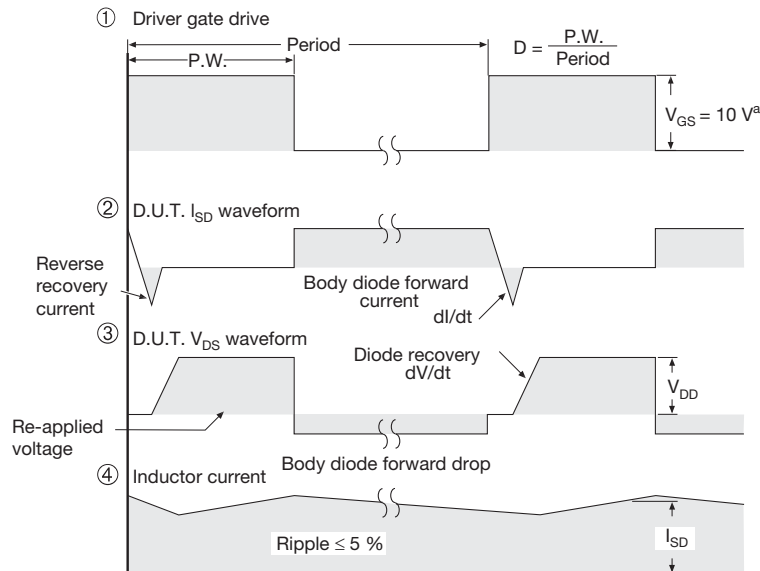
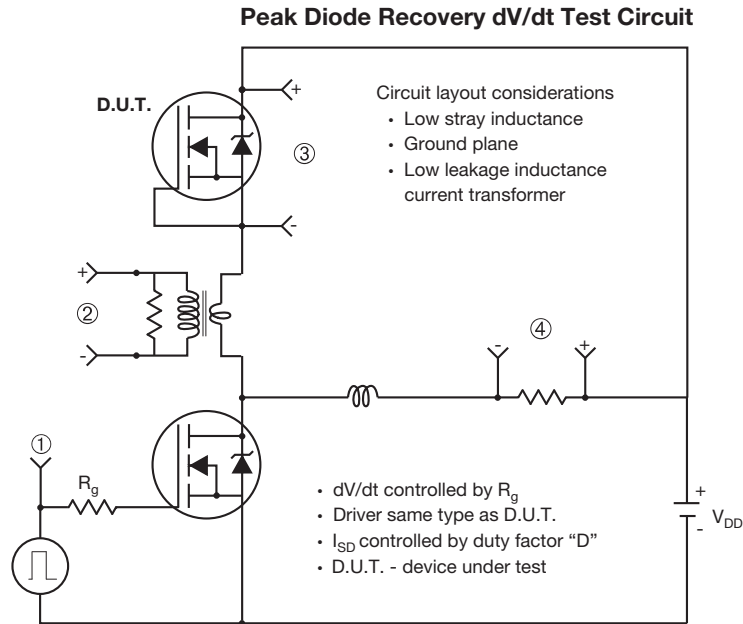


Fig. 13b - Gate Charge Test Circuit



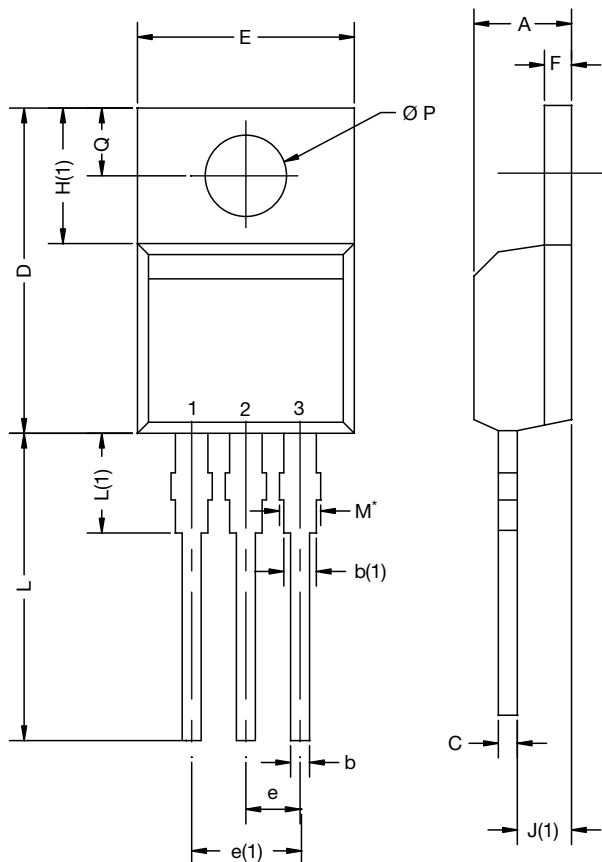
Note

a. $V_{GS} = 5 V$ for logic level devices

Fig. 14 - For N-Channel

Vishay Siliconix maintains worldwide manufacturing capability. Products may be manufactured at one of several qualified locations. Reliability data for Silicon Technology and Package Reliability represent a composite of all qualified locations. For related documents such as package/tape drawings, part marking, and reliability data, see www.vishay.com/ppg?91300.

TO-220-1



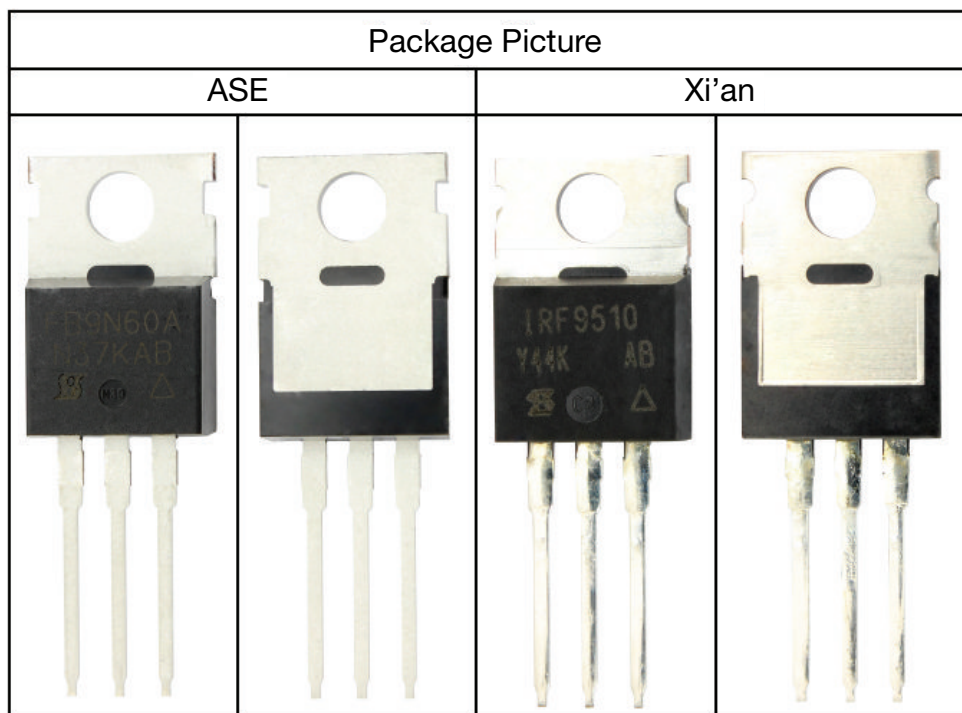
DIM.	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
A	4.24	4.65	0.167	0.183
b	0.69	1.02	0.027	0.040
b(1)	1.14	1.78	0.045	0.070
c	0.36	0.61	0.014	0.024
D	14.33	15.85	0.564	0.624
E	9.96	10.52	0.392	0.414
e	2.41	2.67	0.095	0.105
e(1)	4.88	5.28	0.192	0.208
F	1.14	1.40	0.045	0.055
H(1)	6.10	6.71	0.240	0.264
J(1)	2.41	2.92	0.095	0.115
L	13.36	14.40	0.526	0.567
L(1)	3.33	4.04	0.131	0.159
Ø P	3.53	3.94	0.139	0.155
Q	2.54	3.00	0.100	0.118

ECN: X15-0364-Rev. C, 14-Dec-15
DWG: 6031

Note

- M* = 0.052 inches to 0.064 inches (dimension including protrusion), heatsink hole for HVM

Package Picture





Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

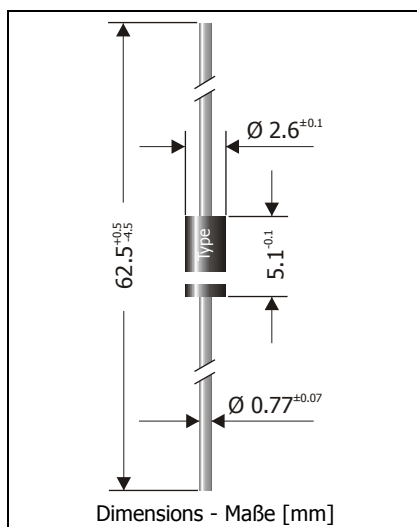
Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and / or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

**1N4001 ... 1N4007, 1N4007-13,
EM513, EM516, EM518**
Silicon Rectifier Diodes – Silizium-Gleichrichterdioden

Version 2013-01-21



Nominal current

1 A

Nennstrom

Repetitive peak reverse voltage

50...2000 V

Periodische Spitzensperrspannung

Plastic case

~DO-41

Kunststoffgehäuse

~DO-204AC

Weight approx.

0.4 g

Gewicht ca.

Plastic material has UL classification 94V-0

Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert

Standard packaging taped in ammo pack

Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack

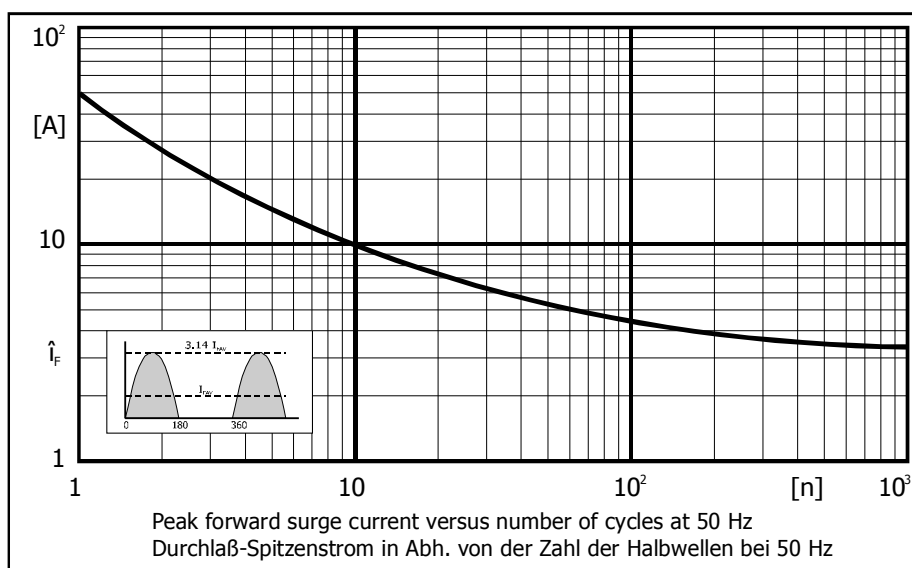
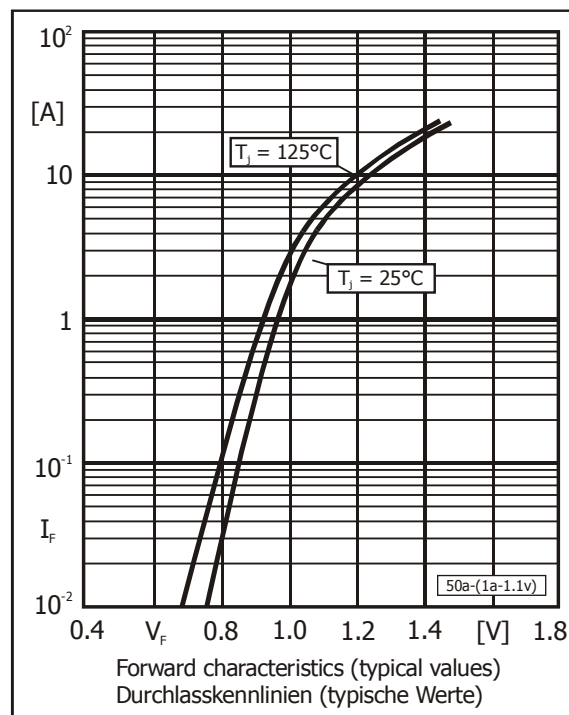
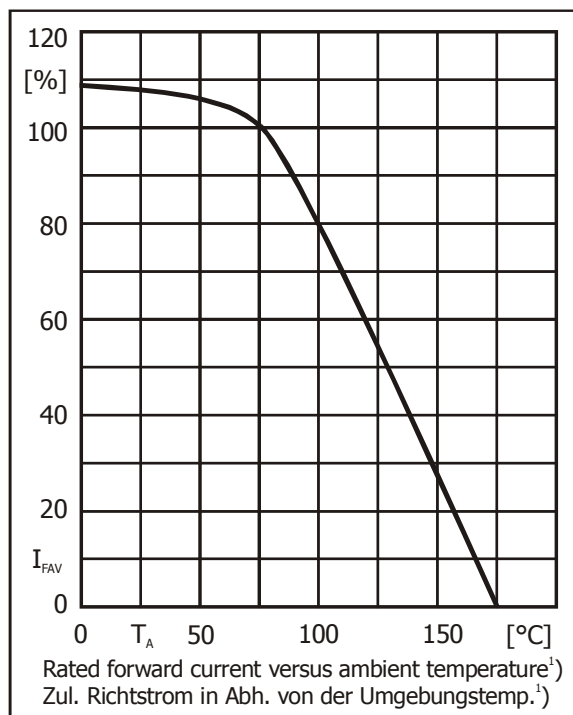

Maximum ratings
Grenzwerte

Type Typ	Repetitive peak reverse voltage Periodische Spitzensperrspannung V_{RRM} [V]	Surge peak reverse voltage Stoßspitzensperrspannung V_{RSM} [V]
1N4001	50	50
1N4002	100	100
1N4003	200	200
1N4004	400	400
1N4005	600	600
1N4006	800	800
1N4007	1000	1000
1N4007-13	1300	1300
EM513	1600	1600
EM516	1800	1800
EM518	2000	2000

Max. average forward rectified current, R-load Dauergrenzstrom in Einwegschaltung mit R-Last	$T_A = 75^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_{FAV}	1 A ¹⁾ 0.8 A ¹⁾
Repetitive peak forward current Periodischer Spitzenstrom	$f > 15\text{ Hz}$	I_{FRM}	5.4 A ¹⁾
Peak forward surge current, 50/60 Hz half sine-wave Stoßstrom für eine 50/60 Hz Sinus-Halbwellen	$T_A = 25^\circ\text{C}$	I_{FSM}	27/30 A
Rating for fusing – Grenzlastintegral, $t < 10\text{ ms}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	i^2t	3.6 A ² s
Junction temperature – Sperrschichttemperatur Storage temperature – Lagerungstemperatur		T_j T_s	-50...+175°C -50...+175°C

Characteristics
Kennwerte

Forward voltage – Durchlass-Spannung	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_F = 1\text{ A}$	V_F	$< 1.1\text{ V}$
Leakage current Sperrstrom	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 100^\circ\text{C}$	$V_R = V_{RRM}$ $V_R = V_{RRM}$	I_R I_R	$< 5\text{ }\mu\text{A}$ $< 50\text{ }\mu\text{A}$
Thermal resistance junction to ambient air Wärmewiderstand Sperrschicht – umgebende Luft				$R_{thA} < 45\text{ K/W}^{1)}$
Thermal resistance junction to leads Wärmewiderstand Sperrschicht – Anschlussdraht				$R_{thL} < 15\text{ K/W}$



- 1 Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 10 mm from case
Gültig, wenn die Anschlussdrähte in 10 mm Abstand vom Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden
- 1 Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 10 mm from case
Gültig, wenn die Anschlussdrähte in 10 mm Abstand vom Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

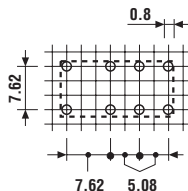
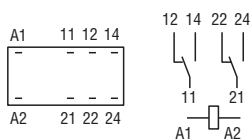
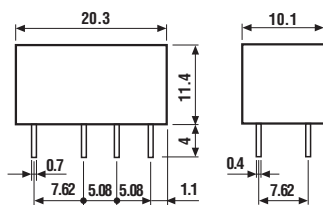
Features

30.22

Printed circuit mount 2 A signal relay

- 2 Pole changeover contacts
- Low level switching capability
- Subminiature - industry standard DIL package
- Sensitive DC coil - 200 mW
- Wash tight: RT III
- Cadmium Free contact material

- Low coil power
- Au clad contacts
- PCB mount



Copper side view

Contact specification

Contact configuration	2 CO (DPDT)
Rated current/Maximum peak current	A 2/3
Rated voltage/Maximum switching voltage V AC	125/250
Rated load AC1	VA 125
Rated load AC15 (230 V AC)	VA 25
Single phase motor rating (230 V AC)	kW —
Breaking capacity DC1: 30/110/220 V	A 2/0.3/—
Minimum switching load	mW (V/mA) 10 (0.1/1)
Standard contact material	AgNi + Au

Coil specification

Nominal voltage (U_N)	V AC (50/60 Hz)	—
	V DC	5 - 6 - 9 - 12 - 24 - 48
Rated power AC/DC	VA (50 Hz)/W	—/0.2
Operating range	AC	—
	DC	See table page 2
Holding voltage	AC/DC	—/0.35 U_N
Must drop-out voltage	AC/DC	—/0.05 U_N

Technical data

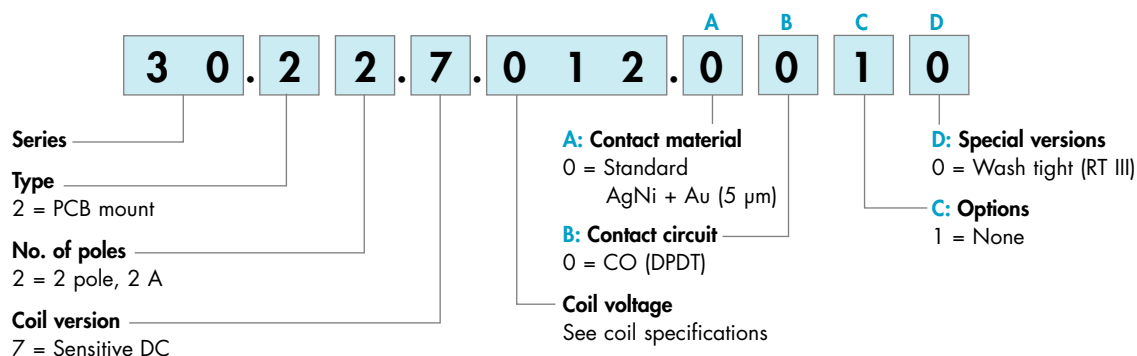
Mechanical life AC/DC	cycles	—/10 · 10 ⁶
Electrical life at rated load AC1	cycles	100 · 10 ³
Operate/release time	ms	6/2
Insulation between coil and contacts (1.2/50 μ s)	kV	1.5
Dielectric strength between open contacts V AC		750
Ambient temperature range	°C	−40...+85
Environmental protection		RT III

Approvals (according to type)



Ordering information

Example: 30 series PCB relay, 2 CO (DPDT) - 2 A contacts, 12 V sensitive DC coil.



Technical data

Insulation

Insulation according to EN 61810-1	insulation rated voltage	V	125	250
	rated impulse withstand voltage	kV	1.2	1.2
	pollution degree		2	1
	overvoltage category		I	I

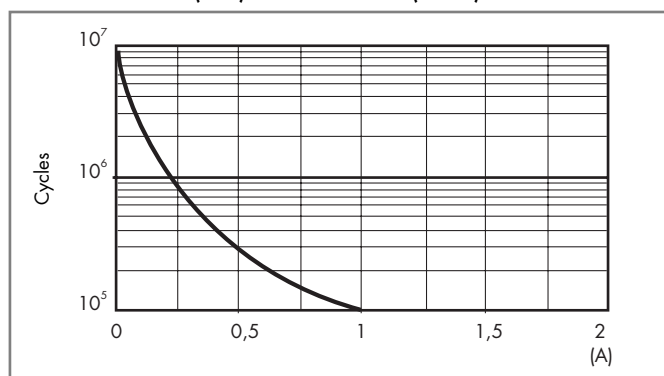
Insulation between coil and contacts (1.2/50 µs)	kV	1.5
Dielectric strength between open contacts	V AC	750
Dielectric strength between adjacent contacts	V AC	1,500

Other data

Bounce time: NO/NC		ms	1/3
Vibration resistance (5...55)Hz, max. ± 1 mm: NO/NC		g	15/15
Shock resistance		g	16
Power lost to the environment	without contact current	W	0.2
	with rated current	W	0.4
Recommended distance between relays mounted on PCB		mm	≥ 5

Contact specification

F 30 - Electrical life (AC1) v contact current (125 V)



Note:

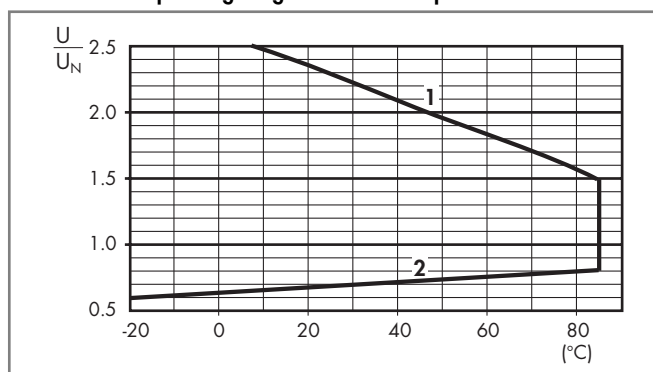
The rated current of 2 A corresponds to the limiting continuous current.

Coil specifications

DC coil data - 0.2 W sensitive

Nominal voltage U_N	Coil code	Operating range		Resistance	Rated coil consumption I at U_N
V		U_{min} V	U_{max} V	R Ω	mA
5	7.005	3.7	7.5	125	40
6	7.006	4.5	9	180	33
9	7.009	6.7	13.5	405	22
12	7.012	8.4	18	720	16
24	7.024	16.8	36	2,880	8.3
48	7.048	36	72	11,520	4.1

R 30 - DC coil operating range v ambient temperature



1 - Max. permitted coil voltage.

2 - Min. pick-up voltage with coil at ambient temperature.

2. FICHAS TÉCNICAS (Integración de brazo y percutor)



The MAC motor®. AC-servo motor with Integrated driver MAC50, 95, 140 and 141

The MAC series of brushless servo motors with integrated electronics represents a major step forward. All the necessary electronics in a servo system are integrated in the motor itself.

In the past, a traditional motor system has typically been based on a controller unit located remote from the motor. This configuration however has the negative effect that installation costs are a major part of the total expense of building machinery.

The basic idea of the MAC motors is to minimize these costs but also to make a component that is much better protected against electrical noise which can be a typical problem when using long cables between the controller and motor.

The servo motor, hall sensor, encoder and electronics are specially developed by JVL so that together they form a closed unit in which the power driver and controller are mounted inside the motor in a closed section.

The advantages of this solution are:

- De-central intelligence.
- Simple installation. No cables between motor and driver.



- EMC safe. Switching noise remains within motor.
- Compact. Does not take space in cabinet. Typically a 3/5 core cable is used from PLC or similar to MAC motor.
- 12-48VDC power.
- Low price.
- Pulse/direction or quadrature inputs.
- 10 bit $\pm 10V$ input for speed or torque control. A+B encoder output.
- Register mode via 4 inputs or serial commands
- Option for μ PLC built-in with IF THEN ELSE commands.
- Option for Fieldbus. Profibus DP, Canbus, Devicenet,

Interface possibilities to the MAC motor:

- From PC/PLC with drive-commands via RS232/RS485/RS422

The MAC motor can be controlled with $\pm 10V$ for speed or torque control with encoder feedback to one master motion controller.

Furthermore the MAC motor can replace an arbitrary step or servo system, being based on pulse and direction signals. There is a built-in electronic gear so that the MAC motor can simulate all possible step resolutions.

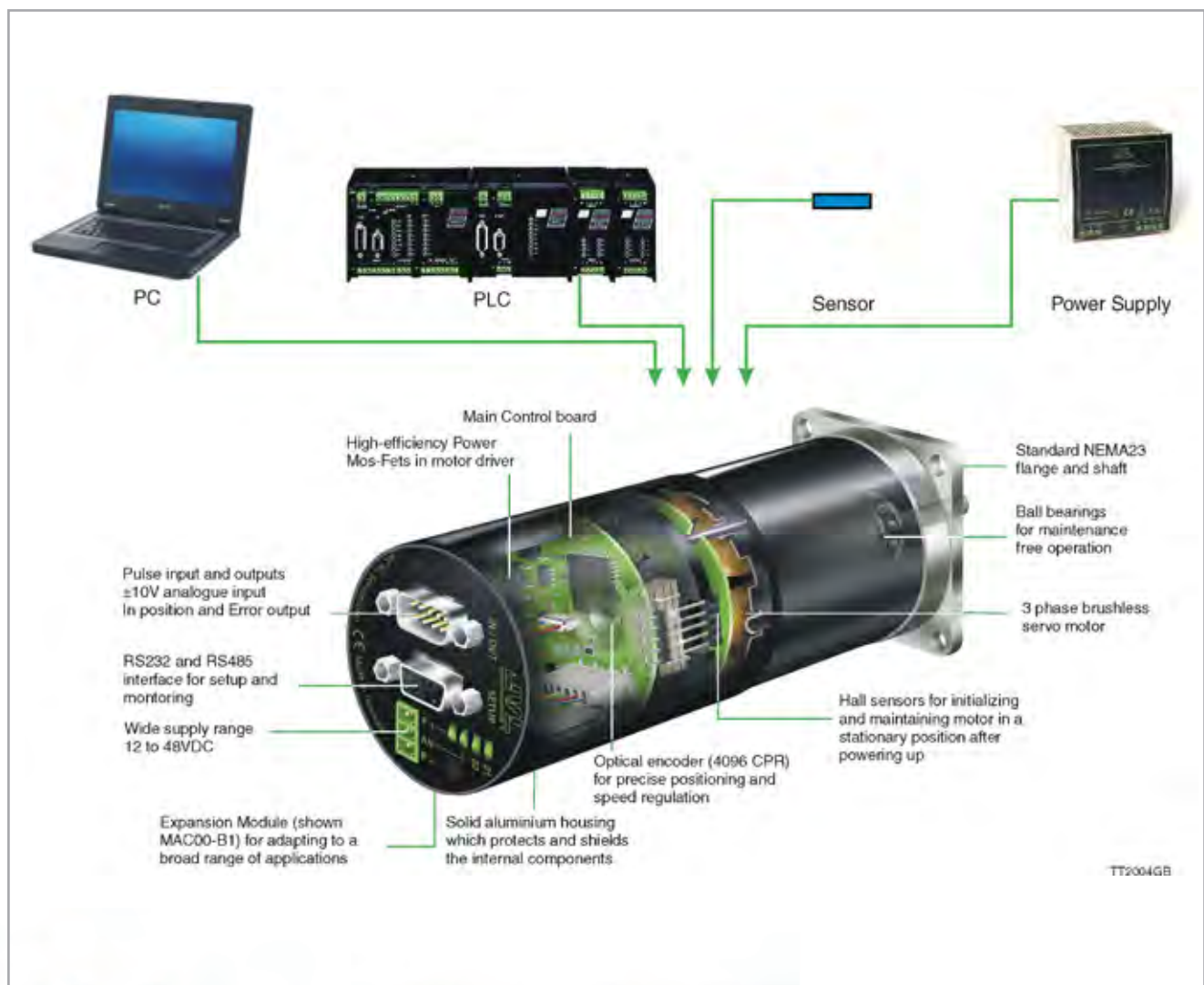
The MAC motor can thus replace all step- and servo-systems without change in the PLC/PC/controller software. Adaptation/replacement of existing step motor/servo systems can therefore be achieved quickly.

Parameters are set up via the RS232 port from a Windows program. The supply voltage is 24VDC which is industry standard.

The motor can be delivered in 3 models: 46, 92 or 134W. A NEMA23 flange is standard so that the MAC motor can replace a step motor directly without mechanical changes.

The connector can be chosen as DSUB, Phoenix connector, Military plug or cable out. Backlash free and planetary gears in ratios of 3, 5, 10, 20, 100 can be delivered from stock.

System and feature overview



Modes of Operation (Basic Motor)

Gear Mode

In this mode the MAC motor functions as in a step motor system. The motor moves one step each time a voltage pulse is applied to the step-pulse input. Velocity, acceleration and deceleration are determined by the external frequency. Use of an encoder enables monitoring and adjustment during motor operation – a feature that is not possible with a standard step motor system. In addition, the MAC motor also provides a facility for electronic gearing at a keyed-in ratio with analogue speed offset.

Positioning Mode

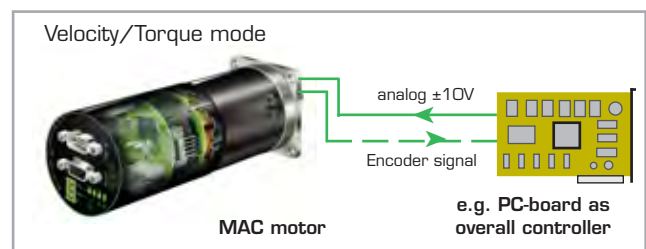
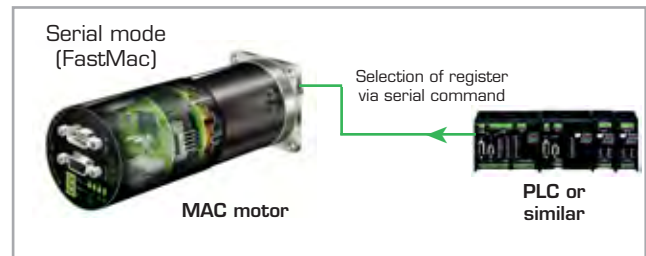
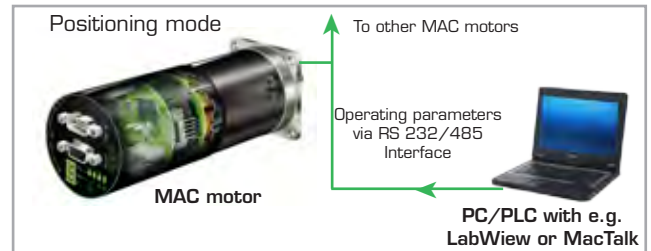
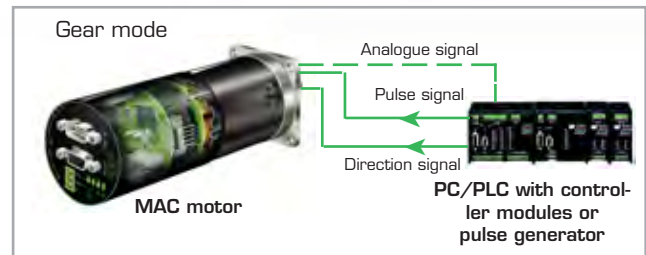
In this mode the MAC motor positions the motor via commands sent over the RS422 or serial interface. Various operating parameters can be changed continuously while the motor is running. This mode of operation is used primarily in systems where the Controller is permanently connected to a PC/PLC via the interface. This mode is also well suited for setting up and testing systems.

Serial Mode (FastMac)

In this mode the MAC motor's registers contain the parameter sets, positions, velocities, etc., required for the actual system. The registers can be selected and executed by a single byte sent via the serial interface. This mode provides maximum utilisation of the MAC motor's features since the MAC motor itself takes care of the entire positioning sequence.

Velocity / Torque Mode

In this mode the MAC motor controls the motor velocity/torque via the analogue input. This mode is typically used for simple tasks or for applications in which an overall unit, such as a PC-board or PLC, controls velocity and positioning. Encoder A and B signals can be connected to the overall controller to close the servo loop.

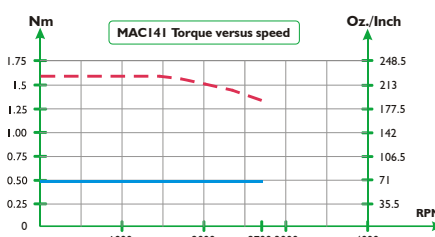
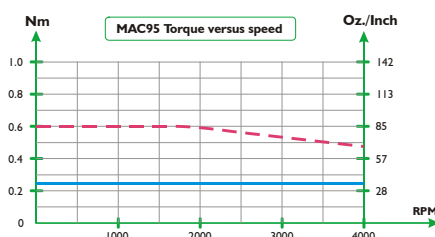
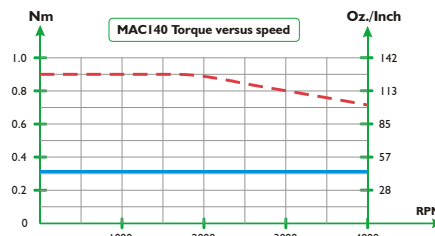
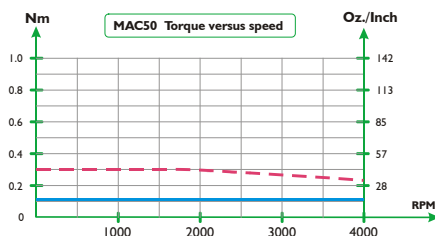


Torque versus speed

Conditions:
Supply voltage = 48VDC
Ambient temperature = 20°C
Torque setting = 100%
Load setting = 1.0

Operation above 4000 RPM can be done, but the losses in the motor make it impossible to operate in this area continuously. Please notice that 2700 RPM is the maximum recommended speed for the MAC141.

--- = Peak Torque
— = Average Torque



Software, MacTalk

Setup save/open

The complete setup can be either saved or reloaded from a file using these buttons

Startup mode

The basic functionality of the MAC motor is setup in this field.

Profile Data

All the main parameters for controlling the motor behaviour are setup in this field.

System control

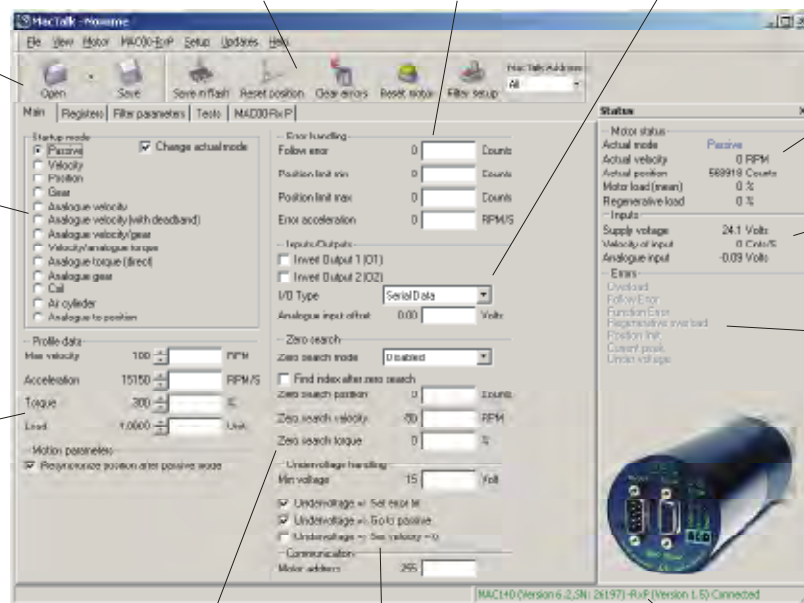
Use these buttons to save data permanently, reset the motor etc.

Error Handling

Use these fields to define error limits for the position range etc.

Input/Outputs

The functionality of the I/O's is specified here.



Motor status

This field shows the actual motor load, position and speed etc.

Inputs

This field shows the actual supply voltage, the speed at the pulse input and the voltage at the analogue input.

Errors

If a fatal error occurs, information will be displayed here.

Zero Search

All the parameters regarding the position zero search can be specified here.

Undervoltage handling

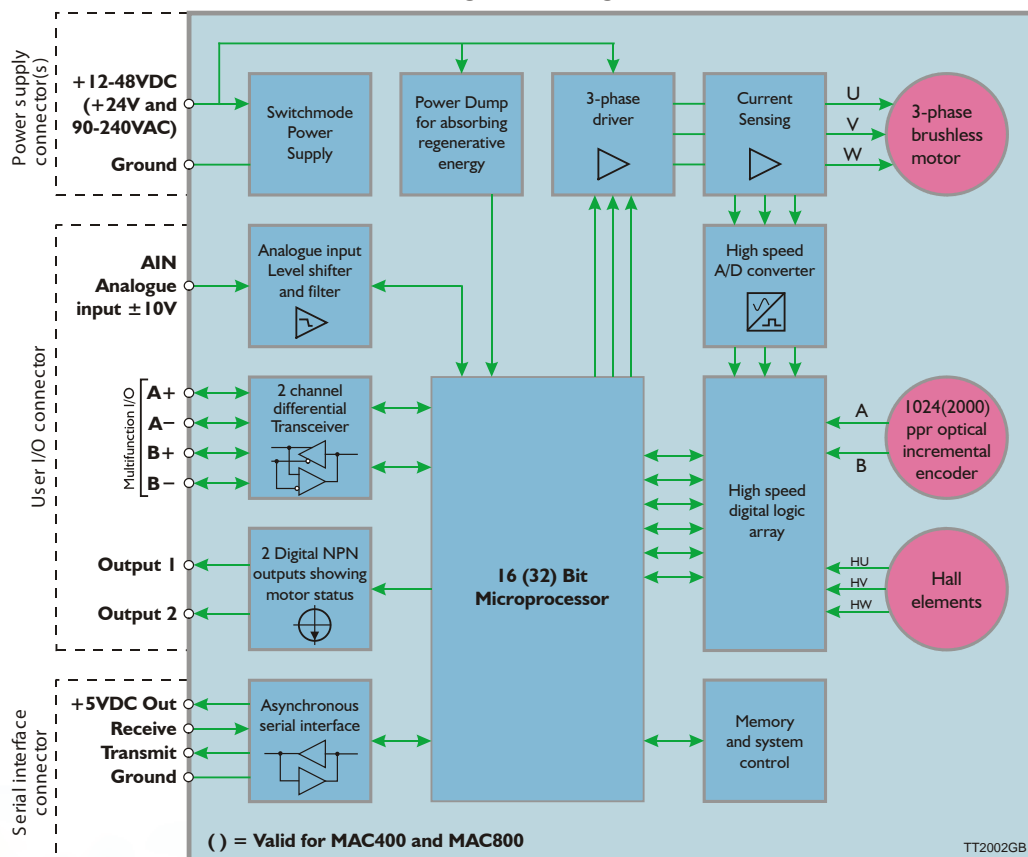
Determine what must happen if the supply voltage gets too low..

MAC motor connection information Always shows if the motor is on line or not.

TT0914GB

Block diagram

Basic MAC motor block diagram including motor and feedback devices



Expansion modules

The JVL Integrated motors utilizes the unique module concept. Plug in expansion modules adapt the motor to the application. You can choose connector type, D-Sub., cable glands or M12 connectors and you can choose freely between Profibus, DeviceNet, CANopen or nano PLC communication. A High Speed and wireless module add to the

Basic Modules



MAC00-CS

Low cost module, connection directly to basic motor, serial communication not RS232.

- Low cost module
- Cable connected directly to basic motor connector
- User I/O connection
- 10 or 20 meter cable
- NPN outputs



MAC00-B1

General purpose module w/ Sub-D connectors:

- Ideal for pulse/direction, $\pm 10V$ input or RS232/422/485 interface
- Standard D- Sub conn.
- Home switch input
- LEDs to indicate status, Home switch status, Input power status
- PNP outputs



MAC00-B2

General purpose module w/Cable Glands: otherwise same as -B1, but with IP67 protection.



MAC00-B4

General purpose module w/M12 connectors: otherwise same as -B1, but with IP67 protection and USB interface.

- Dual supply support for MAC50-141

Programmable Modules



MAC00-R1

Nano-PLC Module w/Sub-D connectors: Stand-alone operation with 8 DI + 4 DO, RS232/485.

- Ideal for stand-alone operation with sequential program execution
- 8/4 Opto isolated in-/out. 5-30VDC
- Outputs up to 200mA. 10-30VDC
- LEDs to indicate output status
- Home+power status
- RS232/RS485 interface



MAC00-R3

Nano-PLC Module w/Cable Glands: otherwise same as -R1.

- IP67



MAC00-R4

Nano-PLC Module w/M12 connectors: otherwise same as -R1.

- IP67

possibilities. This means that you have possibilities as with no other motors on the market, and also important, you only pay for what you need. Moreover, if you do not find the feature you need, please contact us, and we will develop your own module. All modules can be delivered with or with cables of up to 20m length.

Bus Modules



MAC00-FC4

CAN bus Module w/M12 connectors: Bus, 4 DI/DO and RS232.

- Control and setup
- Logic I/O for high speed start/stop
- CANbus/CANopen DS301/DSP402
- Optional with cable bushes (MAC00-FC2)
- End limit inputs
- Dual supply support for MAC50-141



MAC00-FD4

DeviceNet Module w/M12 connectors: Bus, 4 DI/DO and RS232.

- End limit inputs
- Dual supply support for MAC50-141



MAC00-FP2

Profibus Module w/ Cable Glands: Bus, 6 DI + 2 DO and RS232.

- Control and setup through 12Mbit/s profibus-DP
- Logic I/Os for High speed start/stop
- In position indication Home switch
- LEDs to indicate status
- End limit inputs
- Dual supply support for MAC50-141



MAC00-FP4

Profibus Module w/M12 connectors: Bus, 4 DI/DO and RS232.

- End limit inputs
- Dual supply support for MAC50-141

High Speed Multi-Axis Modules



MAC00-FS1

High Speed Multi-axis Module w. D-Sub connectors and opto-isolated RS485.

- 9.6 - 460.8kbit
- Up to 255 axes (with repeaters)
- Command broadcast
- Pulse input or output
- Dual supply support for MAC50-141



MAC00-FS4

As module FS1 but with M12 connectors



MAC00-FR4

High Speed Multi-axis Module w. M12 connectors: RS485 bus w/up to 255 axes.

- Multiaxis operation
- Compatible with SMCopen IEC 61131-3 automation software
- Advanced motion profiles for robot and xyz tables
- 4I/4O for user purposes
- Open hardware with PIC18F6520 for own sw.
- Dual supply support for MAC50-141

Wireless Modules



MAC00-FB4

Bluetooth Module w/M12 connectors. Controlled from PC, PDA, Cellphone or PLC with Bluetooth

- Standard Bluetooth SPP profile
- Pulse input or output
- External connector for antenna
- Dual supply support for MAC50-141

Technical Data

GENERAL					
Technology	AC-servomotor with built-in 1024 PPR encoder, hall sensor and 3 phase servo amplifier/controller.				
Controller capacity		MAC50	MAC95	MAC140	MAC141
	Rated output @ 4000RPM	46W	92W	134 W	134W
	Rated Torque RMS (Nm)	0.11Nm	0.22Nm	0.32Nm	0.48Nm
	Peak Torque (Nm)	0.32Nm	0.62Nm	0.90Nm	1.59Nm
	Torque @ 200 RPM with 20:1 gear	2.0 Nm	4.1 Nm	6.0Nm	9.0Nm
	Inertia (kgcm ²)	0.075	0.119	0.173	0.227
	Length (mm)	112	131	153	172
	Weight (kg) (without expansion module)	0.6	0.85	1.1	1.33
Speed range	0-4000RPM with full torque @ 48VDC. Max 4000 RPM (0-2700 RPM for MAC141)				
Amplifier control system	Sinusoidal wave PWM control. 15.7kHz switching.				
Filter	4th order filter with only one inertia load factor parameter to be adjusted. Expert tuning also available				
Feedback	Incremental A and B encoder 4096 CPR. (Physical 1024 PPR)				
Input power supply	Single supply 12-48VDC. (absolute max. 50VDC) Active/not active (no load) = 3.7W/3.1W				
Control mode	* ±10V Speed and Torque. A+B encoder outputs * Pulse/direction and 90° phase shifted A+B (Incremental). * RS422 or RS232 (5V) position and parameter commands * Gear mode with analog input speed offset + various options * Sensor zero search or mechanical zero search. * Analogue to position.				
Flange and shaft dimension	NEMA23 compatible. Front: 58mm*58mm. Rear: Ø58. Shaft Ø6,35mm				
POSITION (pulse inputs)					
Command input pulse	Pulse/direction or 90° phase shifted A+B. RS422. Logic 0 ≤2.0V. Logic 1≥3.0V. Max. voltage at A+, A-, B+, B- = 5.5V.				
Input frequency	0-2.5 MHz or 0-150kHz with input filter				
Electronic gear	A/B: A= -10000 to 10000, B=1 to 10000. Simulation of all step resolutions for easy replacement of step motor systems				
Following error register	32 bit				
In position width	0-32767 pulse				
Position range	32 bit. Infinity, Flip over at ±2 ³¹ pulses.				
POSITION (serial communication)					
Communication facility	From PLC, PC etc via RS422 or asynchronous serial port RS232 with special cable. MacTalk JVL commands, special commands with high security.				
Communication baud rate	19200 bit/sec. (19.2kBaud)				
Position range	±67 000 000				
Speed range	0-4000 RPM. Digital resolution 0.477 RPM				
Acceleration range	248 – 397364 RPM/sec				
Addressing	Point to point on RS422. Up to 32 units on the same serial RS232/RS485 interface with built-in expansion module. Address range 1-254				
Number of parameters.	Standard 85. With MacRegIO software 156 (Only for experts)				
Speed variance	Max ±4 RPM variance between command and actual speed.				
SPEED/ TORQUE					
Analogue speed/torque input.	12 bit. ±10V. 10kOhm input resistance. Voltage range max. -10 to +32VDC. Offset typical ±50mV				
Analogue input tolerance.	Typical ±1%. Max. 5% (Possible to make software adjustment to minimize gain and offset errors)				
Sampling rate at analogue input	521 Hz				
Encoder output signals	A+,A-,B+,B-, RS422. Line driver 5V outputs (SN75176). 90° Phase shifted.				
Analogue speed input	+voltage -> CW rotation. Shaft view				
Zero speed determination.	0 - rated speed.				
Speed variance at rated speed	Initial error @20°C: ±0.5%		Power Supply: ±10%: 0.0%		
	Load 0-300%: ±0.0%				
	Ambient temperature 0-40°C: ±0.1%				
Torque limit in speed mode	0-300% by parameter				
Analogue torque input	+voltage (positive torque) -> CW rotation. Shaft view				
Torque control accuracy	±10% @ 20°C (Reproducibility)				
VARIOUS					
Fatal error brake	Controlled deceleration by fatal error.				
Regenerative	Integrated power dump. 3W can be absorbed continuously. External attachment is possible				
Protective functions.	Error trace back. Overload (I²t), follow error, function error, regenerative overload (over voltage), software position limit. Abnormality in flash memory, under voltage, over current				
LED functions	Power (Green LED), Error (Red LED)				
Output signals	2 general purpose NPN 30V/25 mA outputs. Error and In position.				
Zero search	1: Automatic zero search with sensor connected to input (2 formats) 2: Mechanical zero search without sensor. (Torque controlled)				
Shaft load maximum	Radial load: 75N (20mm from flange). Axial load: 15N.				
Standards	CE approved. UL pending				
Protection	IP42 or IP67 (IP55 on request)				
Usage / Storage Temperature	Ambient 0 to +40°C / -20 to +85°C (Humidity 90%)				
Basic motor connector: (Other functions available with expansion modules)	RS232 serial interface	IN/OUT: User I/O connector		Power	
	1: +5VDC out	1: Ground	5: A+ MultifunctionI/O	1:P+	
	2: Receive Rx (5V)	2: Analog in	6: A- Multifunction I/O	2:P-	
	3: Transmit Tx (5V)	3: Output1 (Error)	7: B+Multifunction I/O		
	4: Ground	4: Output2 (In pos.)	8: B- Multifunction I/O		

MAC motor selection chart

MAC Motors feature overview including expansion modules

Feature Type	Unbalanced async. serial interface For setup/sending commands	Balanced async. serial interface For setup/sending commands	±10V Analogue input For controlling speed/torque Also used for zero search	Pulse inputs Accepts pulse and direction or quadrature encoder signal	Pulse outputs 90 degree phase shifted outputs from internal encoder	Digital user inputs For control of program flow or motor start/stop	Digital user outputs For indicating the motor status or as output from the program	Ext. connector type	Protection class	Integrated brake
Basic MAC motors										
MAC50,95,140,141-A1 Basic MAC motors IP42	5V TTL 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2kbaud Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3) 4096 cpr	No	Motor stat. 2 x NPN 25mA	AMP Molex JST	IP42	
MAC50,95,140,141-A3 Basic MAC motors IP67	5V TTL 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2kbaud Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3) 4096 cpr	No	Motor stat. 2 x NPN 25mA	AMP Molex JST	IP67 1)	
MAC400/800-D2/D5 Basic MAC motors IP65 or IP65	5V TTL 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2kbaud Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3) 8192/ 8000 cpr	No	Motor stat. 2 x NPN 25mA	AMP Molex JST	IP55/ 65	
MAC400/800-D3/D6 Basic MAC motors IP55 or IP65	5V TTL 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2kbaud Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3) 8192/ 8000 cpr	No	Motor stat. 2 x NPN 25mA	AMP Molex JST	IP55/ 65	✓
Expansion modules										
MAC00-CS Conn. module w/cable glands No electronic features added	5V TTL 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2kbaud Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3)	No	Motor stat. 2 x NPN 25mA	Cable Gland	IP67 1)	
MAC00-B1 Connector module w/DSUB connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) 19.2k Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3)	No	Motor stat. PNP 10-32V 100mA	DSUB	IP42	
MAC00-B2 Connector module w/cable glands 2)	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) RS485 19.2k Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3)	No	Motor stat. PNP 10-32V 100mA	Cable Gland	IP67 1)	
MAC00-B4 Connector module w/M12 connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) RS485 19.2k Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3)	No	Motor stat. PNP 10-32V 100mA	M12	IP67 1)	
MAC00-R1 Nano PLC w/ DSUB connect.	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS485 19.2kbaud Half Duplex	✓	No	No	6 Inputs Opto isol. 5-30V	4 Outputs PNP 10-30V 300mA	DSUB	IP42	
MAC00-R3 Nano PLC w/cable glands 2)	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS485 19.2kbaud HalfDuplex	✓	No	No	6 Inputs Opto isol. 5-30V	4 Outputs PNP 10-30V 300mA	Cable Gland	IP67 1)	
MAC00-R4 Nano PLC w/M12 connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS485 19.2kbaud HalfDuplex	✓	No	No	6 Inputs Opto isol. 5-30V	4 Outputs PNP 10-30V 300mA	M12	IP67 1)	
MAC00-FS1 High speed serial RS485 Multiaxis	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS485 460 kBaud Opto isol.	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz	RS422 3)	4 Inputs Opto isol. 5-30V	2 Outputs PNP 10-32V 25mA	DSUB	IP42	
MAC00-FR4 High speed serial RS485 Multiaxis. Interf. to IEC61131-1	No	RS485 230kbaud Opto isol.	✓	No	No	4 Inputs Opto isol. 5-30V	4 Outputs PNP 10-30V 300mA	M12	IP67 1)	
MAC00-FP2 Profibus DP w/cable glands 2)	RS232 19.2kbaud Full Duplex	No	✓	No	No	6 Inputs Opto isol. 5-30V	Motor status PNP 10-32V 25mA	Cable Gland	IP67 1)	
MAC00-FP4 Profibus DP w/M12 connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	No	✓ ₄₎	No	No	4 Inputs Opto isol. 5-30V ₄₎	Motor status PNP 10-32V 25mA ₄₎	M12	IP67 1)	
MAC00-FC4 CANopen w/M12 connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	No	✓ ₄₎	No	No	4 Inputs Opto isol. 5-30V ₄₎	2 Outputs PNP 10-32V 25mA ₄₎	M12	IP67 1)	
MAC00-FD4 DeviceNet w/M12 connectors	RS232 19.2kbaud Full Duplex	No	✓ ₄₎	No	No	4 Inputs Opto isol. 5-30V ₄₎	2 Outputs PNP 10-32V 25mA ₄₎	M12	IP67 1)	
MAC00-FB4 Bluetooth module	RS232 19.2kbaud Full Duplex	RS422 3) RS485 19.2k Full Duplex	✓	RS422 3) 2.5MHz or 150kHz (LP)	RS422 3)	No	Motor stat. PNP 10-32V 100mA	M12	IP67 1)	

- 1) IP67 protection class is only possible if the basic MAC motor also offers IP67
- 2) Can be ordered without cable (eg. MAC00-CS) or with cable in metre 2, 10 or 20 (eg. MAC-CS-10).
- 3) Either pulse input, pulse output or serial must be chosen. Not all of them at the same time.
- 4) Only a total of 4 I/O terminals are available.

TT2012GB

Planetary and cycloidal gearheads

- Sealed Ball Bearings
- High Reliability, High Efficiency Design
- NEMA Mounting Standards
- High Shaft Loading Capacity
- Low Backlash Design
- Strong, Caged Roller Bearings
- Precision Input Pinion with Balanced Clamp Collar

Model	Backlash [arc min]	Gear ratio	Efficiency [%]	Rated torque >10000 Hours [Nm]	Emerg stop Torque [Nm]	Inertia at motor shaft [kg*cm ²]	Noise [dB(A)]	Radial load @ 12mm [N]	Axial load [N]	Weight [kg]	L1 [mm]	D1 [mm]	D2 [mm] (h7)
HTRG05N003MHN23106J	15	3	97	12	40	0.28	<70	500	600	1.0	68	55	12
HTRG05N005MHN23106J	15	5	97	15	45	0.17	<70	500	600	1.0	68	55	12
HTRG05N012MHN23106J	15	12	94	20	60	0.16	<70	500	600	1.2	84.8	55	12
HTRG05N020MHN23106J	15	20	94	20	60	0.16	<70	500	600	1.2	84.8	55	12
HTRG05N100MHN23106J	15	100	90	20	60	0.11	<70	500	600	1.5	98.6	55	12
HSPG60-35-SAA-N23	<1	35	>90	37	74	0.006	-	2600	3700	1.34	71.8	63	34
HSPG80-97-SAA-N23	<1	97	>90	78	156	0.027	-	4800	6900	2.10	78.8	80	46

L1: Gear length incl. flange, D2: Gear housing diameter, D2: Output shaft diameter

PSU00-PD1 Power Supply

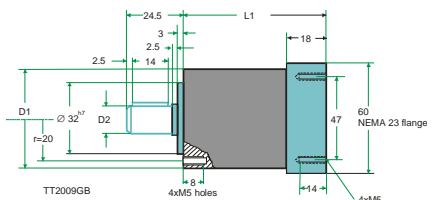
Power supply and power dump resistor
Large capacitor which absorbs energy
returned during deceleration so that it
can be reused.

If the voltage nevertheless increases to more than about 50VDC, the energy will be dissipated in a built- in power dump resistor.

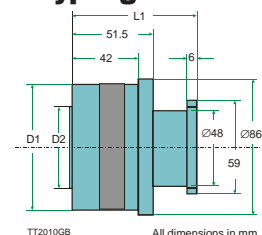
The Power Supply can feed several MAC motors, up to 1000 W total. An external transformer must be connected. (hxd: 105 x 65mm)



HTRG type gears:



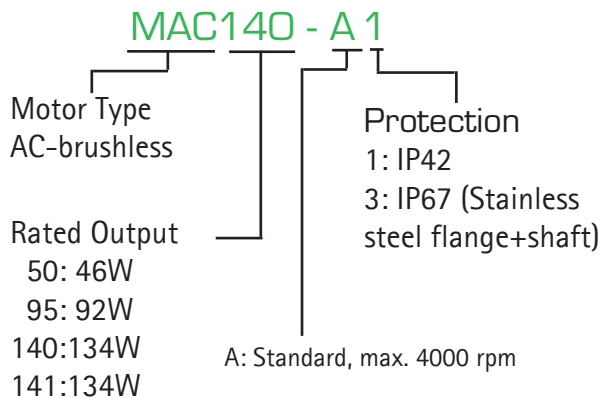
HSPG type gears:





AC servo motors MAC50, 95, 140 and 141

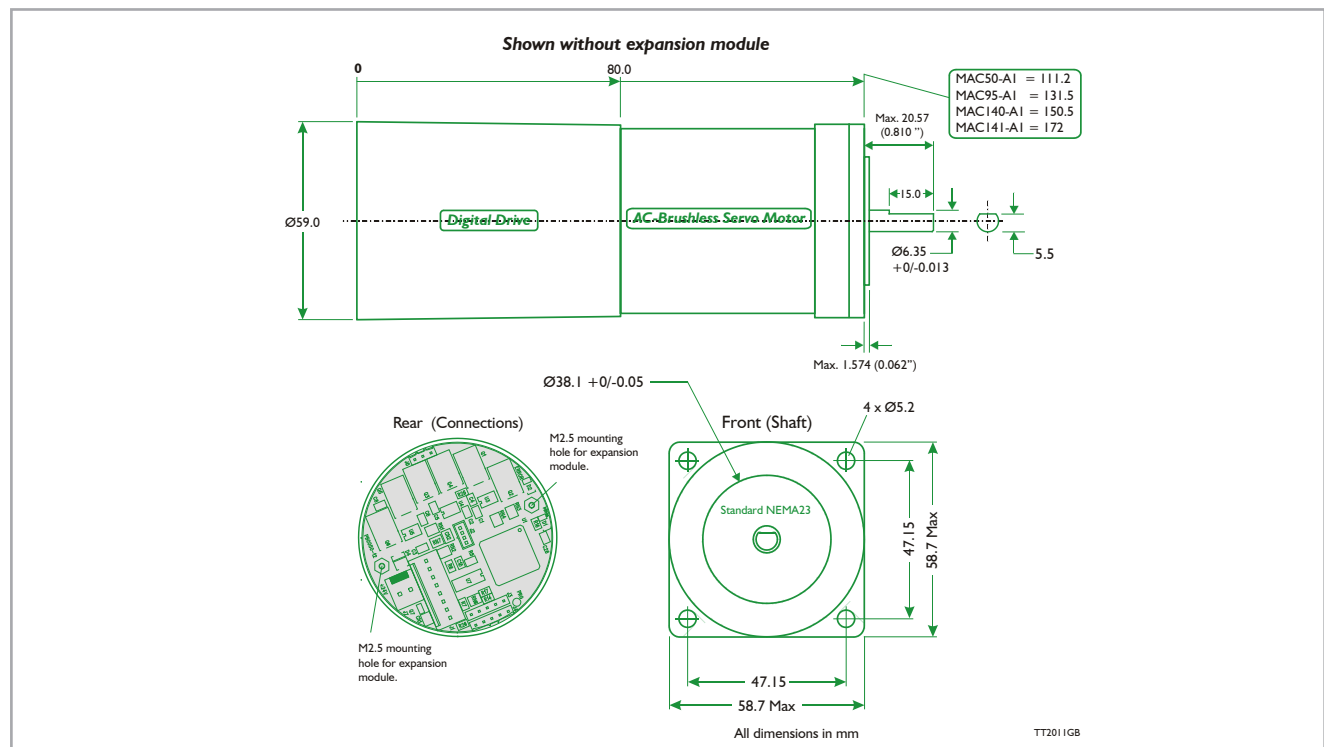
Ordering information



Accessories

RS232-9-1	Cable for PC
RS232-9-1-Mac	Cable for PC with built in RS232 converter
MacTalk	Software for set-up of Mac motor
MacRegIO	Software for experts
MAC00-00	End cover IP42 without holes
MAC00-01	End cover IP67 with 2 cable bushes
MAC00-02	End cover IP67 with 4 cable bushes
PSU00-PD1	Power dump/Power supply
PSU40-4	Power supply, 40VDC/400W, 19"rack
TF0001	Transformer 35VAC/400W
PSU24-024	Power supply, 24V/1A
PSU48-240	Power supply, 48V/240W

Mechanical dimensions



Get started quickly!

Starter Kit (MAC140-A1-KIT): Contains all necessary parts to get started

The kit consists of: Motor, Expansion Module, Software, PC Cable and Power Supply

MAC 140-A1
MAC00-B1
MacTalk
RS232-9-1
PSU24-024



JVL Industri Elektronik A/S
Blokken 42
DK-3460 Birkerød, Denmark
Tel: +45 4582 4440
Fax: +45 4582 5550
E-mail: jvl@jvl.dk www.jvl.dk



Precision Planetary Gears Type HTRG



The HTRG product range of precision planetary gears is the outcome of years of experience in the industry, and is the culmination of a decade-long dedication to performance enhancement.

Comprising a wide range of low backlash planetary gearboxes, the units come in a range of precision classes up to 3', and are available in seven gear frame sizes, with one or more reduction stages for gearing ratios from 1:3 to 1:1000.

Double shaft, right angle shaft and right angle output shaft versions are also available.

All this, combined with tens of motor mounting adapters held in stock, mean we can quickly respond to the most diverse application requirements of our customers.

The gears can be mounted directly or by means of adaptor flanges on most of the JVL integrated servo and stepper

motors as well as on the wide range of other motors from JVL.

This datasheet shows the HTRG types of gear boxes which JVL normally has in stock for JVL motors and often delivered types.

If a special type of gear box, a special ratio, less backlash, angled types etc. is not shown in the datasheet and is needed, then contact JVL Industri Elektronik and we'll find a type or a solution.

	Unit	HTRG05xxxxx	HTRG06xxxxx	HTRG08xxxxx	HTRG10xxxxx
Size - 1 stage	mm (in)	Ø55x71 (2.17x2.8)	Ø65x76 (2.56x3)	Ø85x118 (3.35x4.65)	-
Size - 2 stages	mm (in)	Ø55x85(2.17x3.35)	Ø65x93 (2.56x3.66)	Ø85x142 (3.35x5.6)	Ø106x168 (4.17x6.6)
Shaft output	mm (in)	Ø12(0.47)	Ø14 (0.55)	Ø19 (0.75)	Ø25 (0.98)
Efficiency	%	94 - 97	94 - 97	94 - 97	94 - 97
Protection		IP 65	IP 65	IP 65	IP 65
Torque Nominal	Nm (lb-in)	12-20 (106.2-177)	18-30 (159.3-265.5)	40-70 (354-620)	100-170 (885-1504.6)
Torque Peak	Nm (lb-in)	40-60 (354-531)	70-100 (619.6-885)	180-250 (1593.1-2212)	360-600 (3186-5310)
Rated speed	Rpm	3300 - 4000	3300 - 4000	2900 - 4000	3000 - 3500
Input flange		Nema23	Nema23, 50/70	Nema34, PAM70, 50/70	PAM70
Recommended motors		MAC050-141	MAC050-141, 400	MAC400, MAC800	MAC800
		MIS23x	MIS23x	SGM-04, -08	
		MST23x	MST23x	MIS34x	

Features of MP series

- Available in either standard or reduced backlash
- Bearings are rated for an average service life of 20,000 hours under nominal operating conditions. As standard, frame sizes HTRG08, HTRG06, HTRG08 and HTRG10 feature rigid ball bearings. On request,

taper roller bearings can be supplied on units HTRG08 and HTRG10 specifying option CR

- The gearbox is filled in the factory with a lubricant suitable for ambient temperatures in the 0°C to 40°C range. The lubricant does not normally require changing unless it

becomes contaminated from outside.

- The type of lubricant used (grease or synthetic oil) and the material used for the seals also vary according to duty rating and gearbox size. The table below illustrates the various combinations:

duty	HTRG05	HTRG06	HTRG08	HTRG10
S1	G/V	G/V	O/V	O/V
S5	G/NBR	G/NBR	G/NBR	G/NBR

Legend:

S1 = Continuous duty

O = Synthetic oil, viscosity ISO VG 220

V= Viton® seals

S5 = Intermittent duty

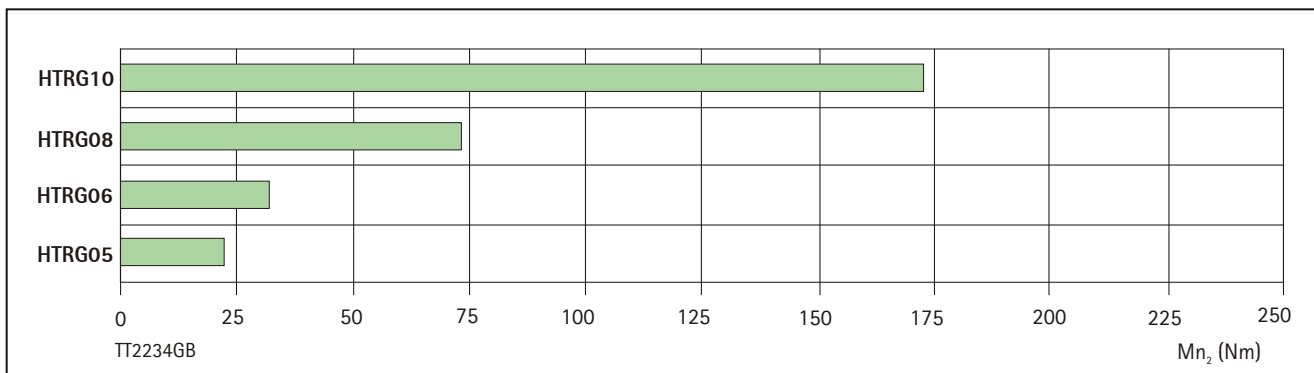
G = Grease, consistency 00

NBR = Nitrile rubber seals

Features

- Degree of protection IP65
- Noise level $L_p \leq 70$ dB(A) - $n_1 = 3000$ min⁻¹

- Numerous input options
- Ratio $i = 10$ available for single-reduction units ($i=9$ for frame size 053 alone)



Gear type	Motor	Shaft
HTRGxxxxxxN23106J	MST23x, MIS23x, MAC050-141	Ø6,35 mm
HTRGxxxxxxN23106JC	MST23x, MIS23x, MAC050-141	Ø6,35 mm
HTRGxxxxxx050114MC	SGM(-/E/AH) – 200, 300 and 400W	Ø14mm
HTRGxxxxxxP70119MC	SGM(-/E/AH) – 750W, MAC800	Ø16/19 mm
HTRGxxxxxxN34109J	MST34x, SM87	Ø9,35 mm

Calculating and selecting the size of a gearbox

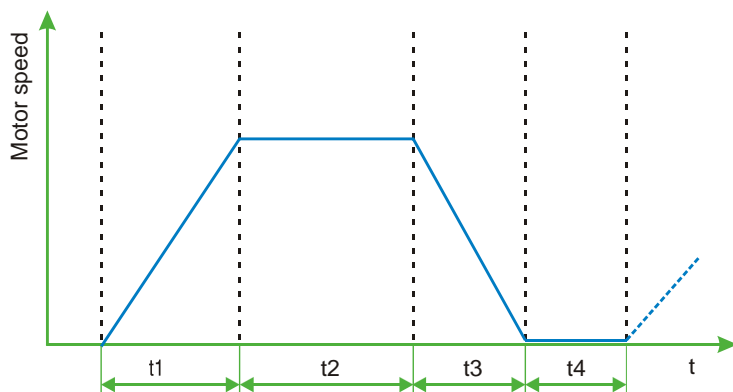
The following 2 pages show how to calculate and select the size of a gearbox. You can either calculate the gearbox you need yourself or send the informa-

tion about the application and the way you want the motor or mechanical parts to move to JVL and we can do the calculation and find the best solution for you.

If we have to make the calculations, we need the this information and also some information about the mechanical system like weight, pulley size, spindle size, etc.

Selecting the gear unit

Determination of Intermittance I:



t1= starting time. t2= operating time at constant speed. t3=stopping time. t4= rest time.

$$I [\%] = \frac{t1 + t2 + t3}{t1 + t2 + t3 + t4}$$

TT2139GB

1) Determine the applicable duty for the application:

Z = no. of acc per hour.

S5 = Cyclic duty.

S1 = Continuous duty.

M_{n2} = Continuous torque.

M_{a2} = Peak torque.

M_{1max} = Max. motor torque.

	Z ≤ 1000	Z > 1000
I < 60%	S5	S1
I > 60%	S1	S1

2) Determine service factor f_z

Z	f_z
Z ≤ 1000	1.00
1000 < Z ≤ 1500	1.25
1500 < Z ≤ 2000	1.50
2000 < Z ≤ 2500	1.75
2500 < Z ≤ 3000	2.00
Z > 3000	contact us

3) determine cycle factor f_c

I	20%-60%	80%	100%
f_c	1.00	1.20	1,40

4) search for the gear unit for which the condition is verified:

At S1, cyclic duty:

$$M_{n2} \geq M_{1max} \times i \times \eta \times f_z \times f_c$$

$$M_{1max} \leq \frac{M_{n2}}{i \times \eta \times f_z \times f_c}$$

At S5, continuous duty:

$$M_{a2} \geq M_{1max} \times i \times \eta$$

$$M_{1max} \leq \frac{M_{a2}}{i \times \eta}$$

Examples:

MAC140 motor + gear HM-GH05N010

Cycle duty (S5)

t1 0.5 sec.

t2 3.0 sec.

t3 0.5 sec.

t4 8.0 sec.

12.0 sec.

When $t1+t2+t3+t4=12.0$ sec. then:

Z=600 (2 acc. per 12 sec.)

$$M_{1max} \leq \frac{10.7}{10 \times 0.8} = 1.3375 \text{ Nm}$$

Continuous duty (S1)

t1 0.1 sec.

t2 2.2 sec.

t3 0.1 sec.

t4 0.6 sec.

3.0 sec.

When $t1+t2+t3+t4=3.0$ sec. then:

Z=2400 (2 acc. per 3 sec.)

$$M_{1max} \leq \frac{6.76}{10 \times 0.8 \times 1.75 \times 1.2} = 0.40 \text{ Nm}$$

Note:

If, under particular operating conditions, a housing temperature higher than usual is to be expected, it is recommended that Viton® seals are specified at the time of order through option S1.

Under no circumstances the maximum speed $[n_{1max}]$ permitted for the gear unit should be exceeded.

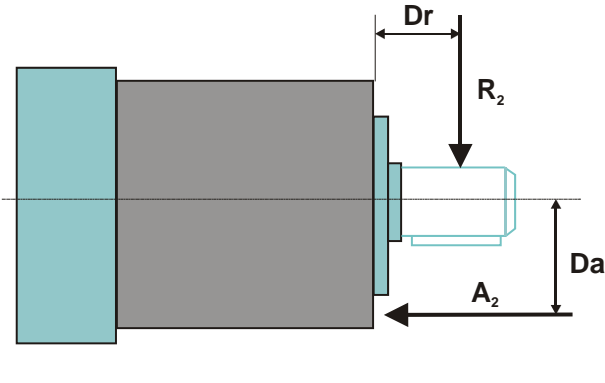
Should the surface temperature exceed 90°C it is recommended that speed is reduced, or an auxiliary cooling system is provided.

Service life of bearings

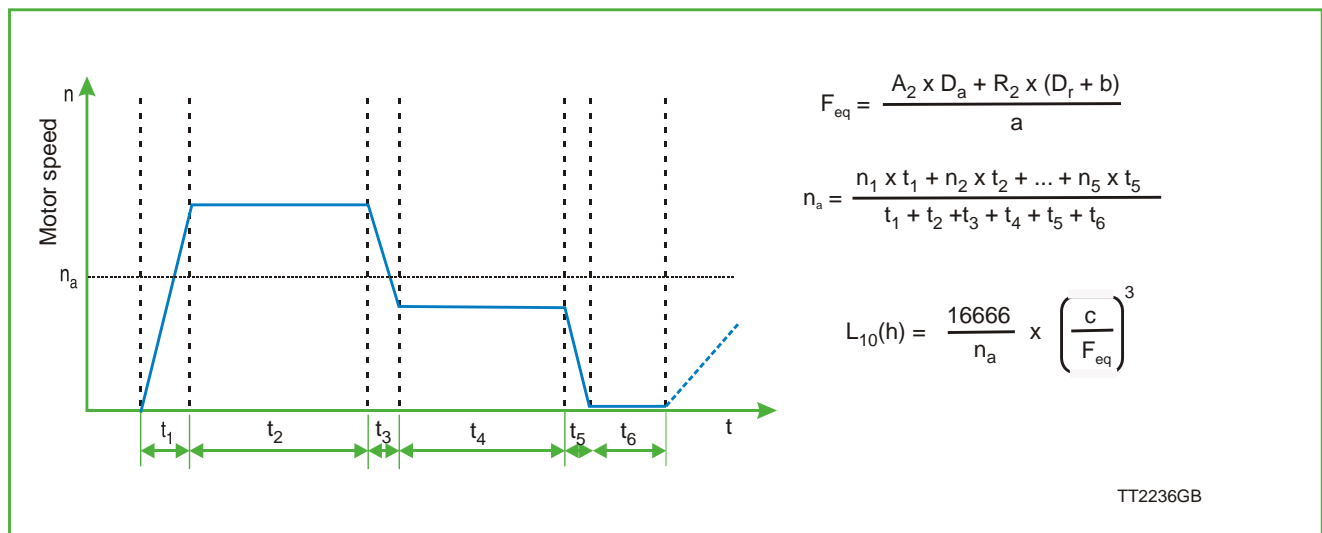
Whether bearings are ball type (CS) or taper roller type (CR), their service life can be calculated through the equations where actual radial and axial forces are accounted for.

HTRG05	HTRG06	HTRG08	HTRG10
CS	CS	CS*	CS*

(*) Option CR available

 <p>TT2235GB</p>	A_2 (N)	Offset axial force
	R_2 (N)	Radial force
	D_a (mm)	Distance of axial force from shaft centre
	D_r (mm)	Distance of radial force from mounting flange

Service life - calculation for rigid ball bearings (CS)



Load location factor	HTRG05	HTRG06	HTRG08	HTRG10
a	15.5	14.4	21.5	24.5
b	17	17.4	32.3	36
c	5600	9550	14000	25700

F_{eq} [N] = Equivalent force resulting from radial and axial forces applying simultaneously.

n_a [min⁻¹] = Mean output speed.

$L_{10}(h)$ = Theoretical service life of bearings.

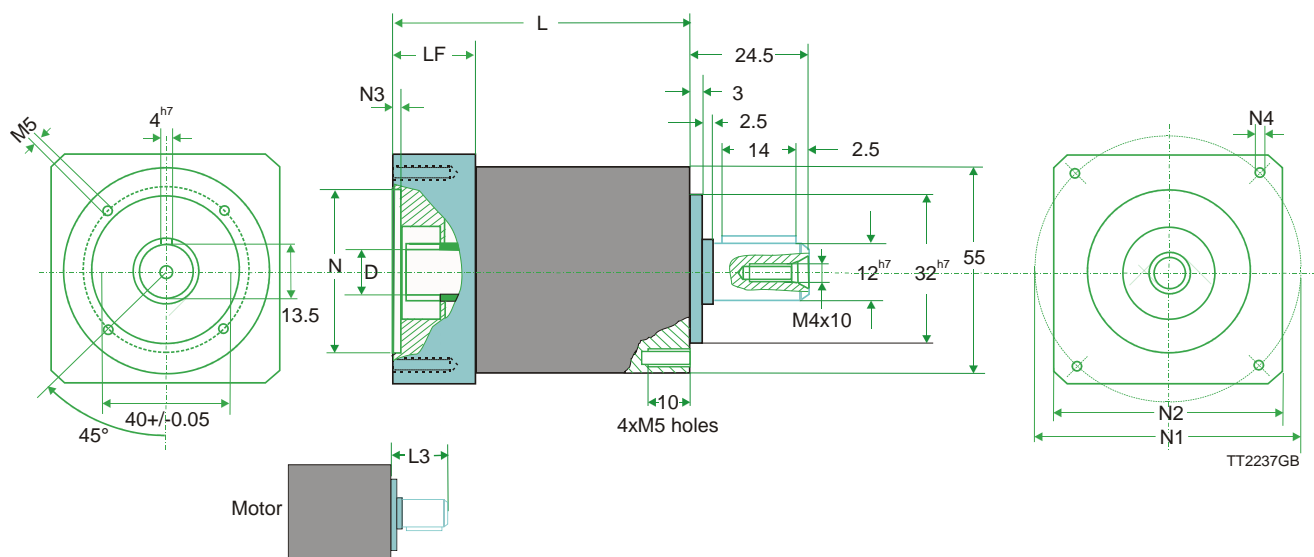
Calculate $e = A_2/F_{eq}$ and check that condition $e \leq 0.19$ is verified.

If $e > 0.19$ contact our Technical Service.

1000

Mn2	[Nm]	Nominal output torque
Ma2	[Nm]	Maximum acceleration torque , acceptable for a duty with I<60%
Mp2	[Nm]	Emergency stop torque . The value can not apply more than 1000 times over the entire life of the gear unit and should not recur in normal operating conditions
n1	[rpm]	Nominal input speed (continuous duty S1). It is the reference speed for duties with intermittance I>60% and or operating time > 20 min.
n1max	[rpm]	Maximum momentary input speed . The speed the unit can be driven occasionally and in non-repetitive conditions. For cyclic duty it can not be applied continuously for more than 30 seconds.
φ	[arcmin]	Standard backlash is calculated in static conditions and with the application of a torque equal to 2% of the nominal torque for the gear unit,
Rn1, Rn2	[N]	The admissible radial force must be equal to, or greater than, the radial force actually applying onto the shaft. Catalogue value is based on output speed n2 = 100 rpm
An2	[N]	The admissible thrust force can be applied axially to the shaft under study along. The given value is calculated for an output speed n2 = 100 rpm.
η	[%]	Dynamic efficiency is calculated through the relationship of output torque to torque applied to the input shaft under nominal conditions. $\eta_d = (M_2/M_{1xi}) \times 100$

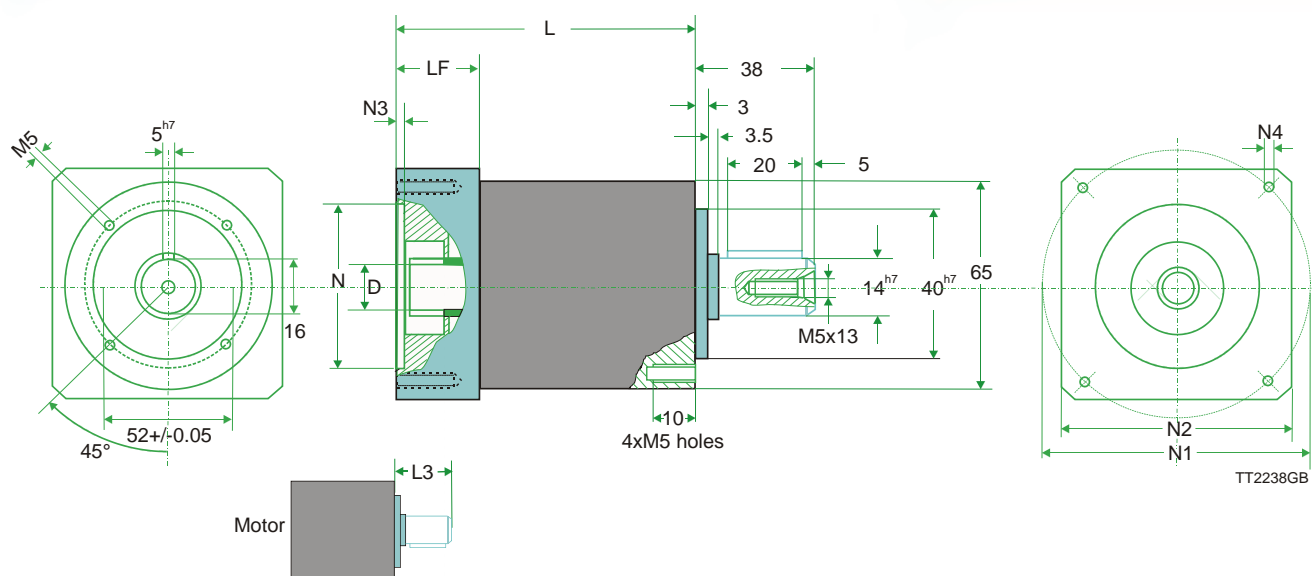
Dimensions HTRG05



Type	D	N	N1	N2	N3	N4	LF	L3	L	m
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
HTRG05N003MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	71	0,8
HTRG05N005MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	71	0,8
HTRG05N009MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	71	0,8
HTRG05N012MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	84,8	1
HTRG05N020MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	84,8	1
HTRG05N100MHN23106J	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	98,6	1

Type	Mn2	Ma2	Mp2	n1	n1max	φ	Rn1	Rn2	An2	η	J
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[rpm]	[rpm]	[arcmin]	[N]	[N]	[N]	[%]	[kgcm ²]
HTRG05N003MHN23106J	12	22	40	3300	4000	15	200	500	600	97	0.06
HTRG05N005MHN23106J	15	28	45	3500	5000	15	200	500	600	97	0.04
HTRG05N009MHN23106J	12	22	40	4000	6000	15	200	500	600	97	0.03
HTRG05N012MHN23106J	20	30	60	3300	4000	15	200	500	600	94	0.06
HTRG05N020MHN23106J	20	30	60	3500	5000	15	200	500	600	94	0.04
HTRG05N100MHN23106J	20	30	60	3500	5000	15	200	500	600	94	0.04

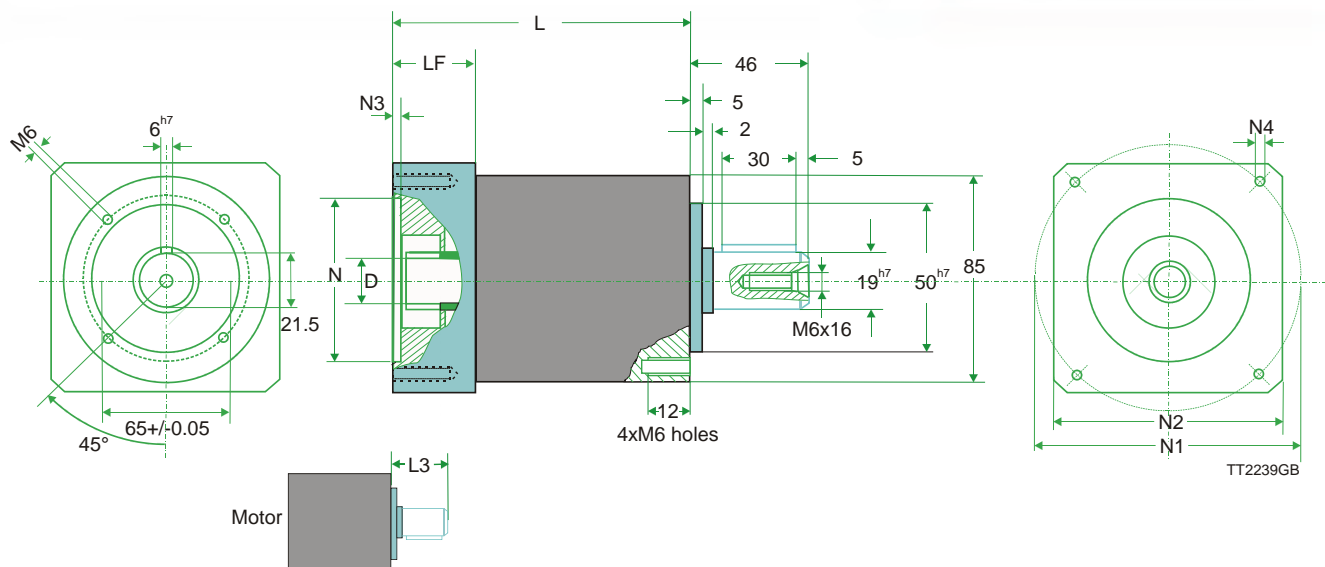
Dimensions HTRG06



Type	D	N	N1	N2	N3	N4	LF	L3	L	m
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
HTRG06N005MHN23106JC	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	75,55	1,2
HTRG06N009MH050114MC	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	92,25	1,7
HTRG06N012MH050114MC	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	92,25	1,7
HTRG06N036MHN23106JC	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	92,25	1,7
HTRG06N100MHN23106JC	6,35	38,1	66,6	60	3	M4x10	18	25	92,25	1,7

Type	Mn2	Ma2	Mp2	n1	n1 max	φ	Rn1	Rn2	An2	η	J
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[rpm]	[rpm]	[arcmin]	[N]	[N]	[N]	[%]	[kgcm ²]
HTRG06N005MHN23106JC	25	40	90	3500	5000	15	200	600	700	97	0.05
HTRG06N009MH050114MC	18	35	70	3300	4000	15	200	600	700	94	0.12
HTRG06N012MH050114MC	30	45	100	3300	4000	15	200	600	700	94	0.11
HTRG06N036MHN23106JC	25	40	90	3500	5000	15	200	600	700	94	0.04
HTRG06N100MHN23106JC	18	35	70	4000	6000	15	200	600	700	94	0.03

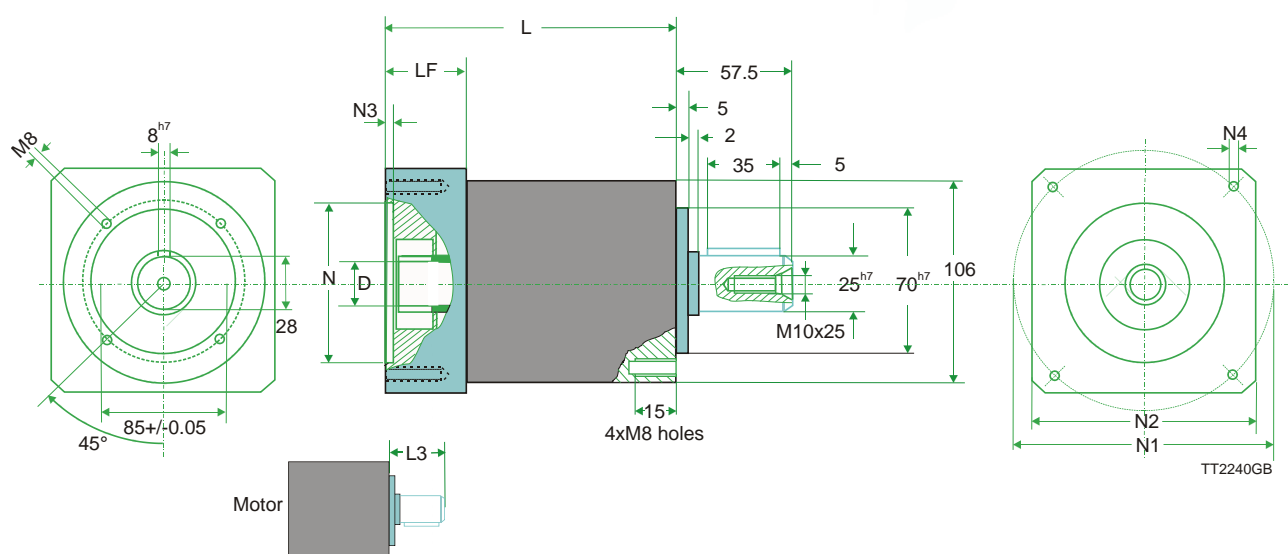
Dimensions HTRG08



Type	D	N	N1	N2	N3	N4	LF	L3	L	m
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
HTRG08N003MHN34109J	9,52	73	98,4	80	4	M5x16	34	40	117,5	4
HTRG08N003MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	117,5	4
HTRG08N005MHN34109J	9,52	73	98,4	80	4	M5x16	34	40	117,5	4
HTRG08N005MH050114MC	14	50	70	80	4	M4x10	34	40	117,5	4
HTRG08N005MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	117,5	4
HTRG08N010MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	117,5	4
HTRG08N012MH050114MC	14	50	70	80	4	M4x10	34	40	142	4,6
HTRG08N012MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	142	4,6
HTRG08N020MHN34109J	14	50	70	80	4	M4x10	34	40	142	4,6
HTRG08N020MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	142	4,6
HTRG08N036MH050114MC	14	50	70	80	4	M4x10	34	40	142	4,6
HTRG08N036MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	142	4,6
HTRG08N100MHP70119MC	19	70	90	80	4	M5x16	34	40	142	4,6

Type	Mn2	Ma2	Mp2	n1		φ	Rn1	Rn2	An2	η	J
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[rpm]	[rpm]	[arcmin]	[N]	[N]	[N]	[%]	[kgcm ²]
HTRG08N003MHN34109J	40	80	180	2900	3500	15	400	1300	1400	97	0.50
HTRG08N003MHP70119MC	40	80	180	2900	3500	15	400	1300	1400	97	0.59
HTRG08N005MHN34109J	50	80	200	3200	4500	15	400	1300	1400	97	0.28
HTRG08N005MH050114MC	50	80	200	3200	4500	15	400	1300	1400	97	0.37
HTRG08N005MHP70119MC	50	80	200	3200	4500	15	400	1300	1400	97	0.37
HTRG08N010MHP70119MC	40	80	180	4000	6000	15	400	1300	1400	97	0.29
HTRG08N012MH050114MC	70	100	250	2900	3500	15	400	1300	1400	94	0.56
HTRG08N012MHP70119MC	70	100	250	2900	3500	15	400	1300	1400	94	0.56
HTRG08N020MHN34109J	70	100	250	3200	4500	15	400	1300	1400	94	0.27
HTRG08N020MHP70119MC	70	100	250	3200	4500	15	400	1300	1400	94	0.36
HTRG08N036MH050114MC	50	80	200	3200	4500	15	400	1300	1400	94	0.20
HTRG08N036MHP70119MC	50	80	200	3200	4500	15	400	1300	1400	94	0.29
HTRG08N100MHP70119MC	40	80	180	4000	6000	15	400	1300	1400	94	0.28

Dimensions HTRG10



Type	D	N	N1	N2	N3	N4	LF	L3	L	m
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
HTRG10N020MHP70119MC	19	70	90	100	5	M5x12	28	40	168	6,5
HTRG10N100MHP70119MC	19	70	90	100	5	M5x12	28	40	168	8,5

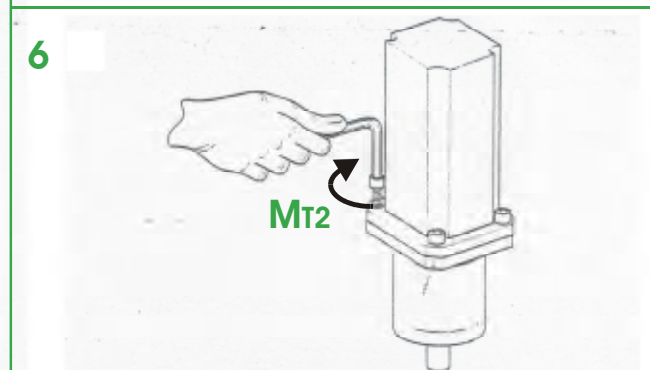
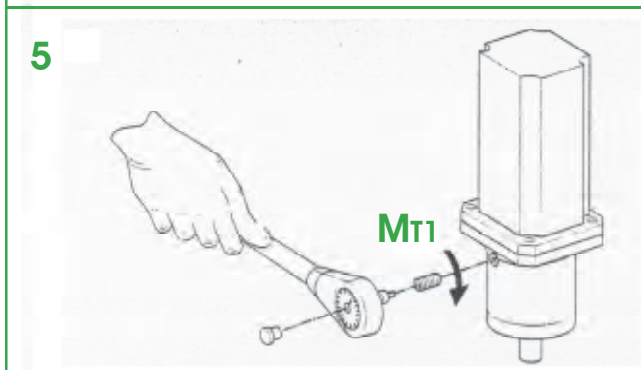
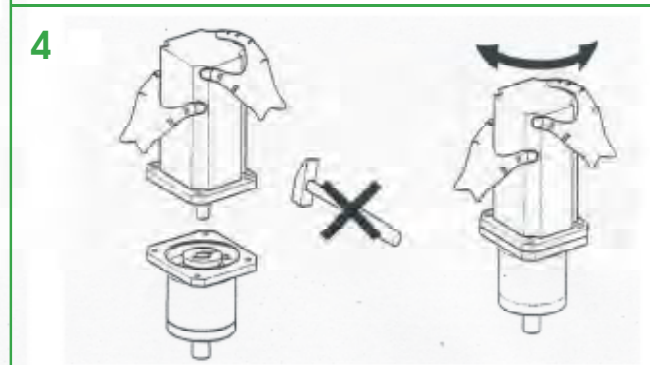
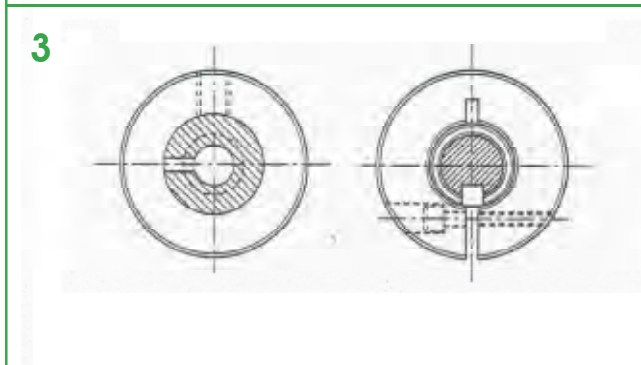
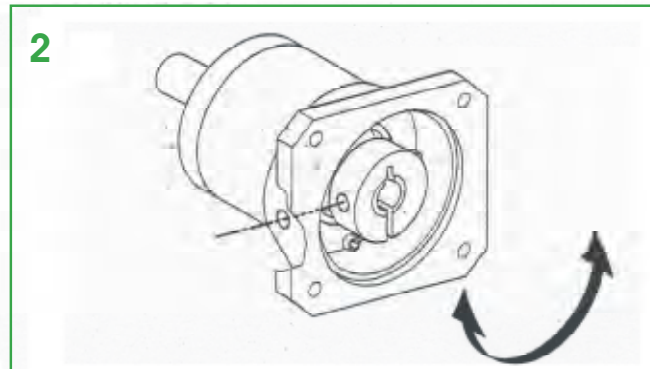
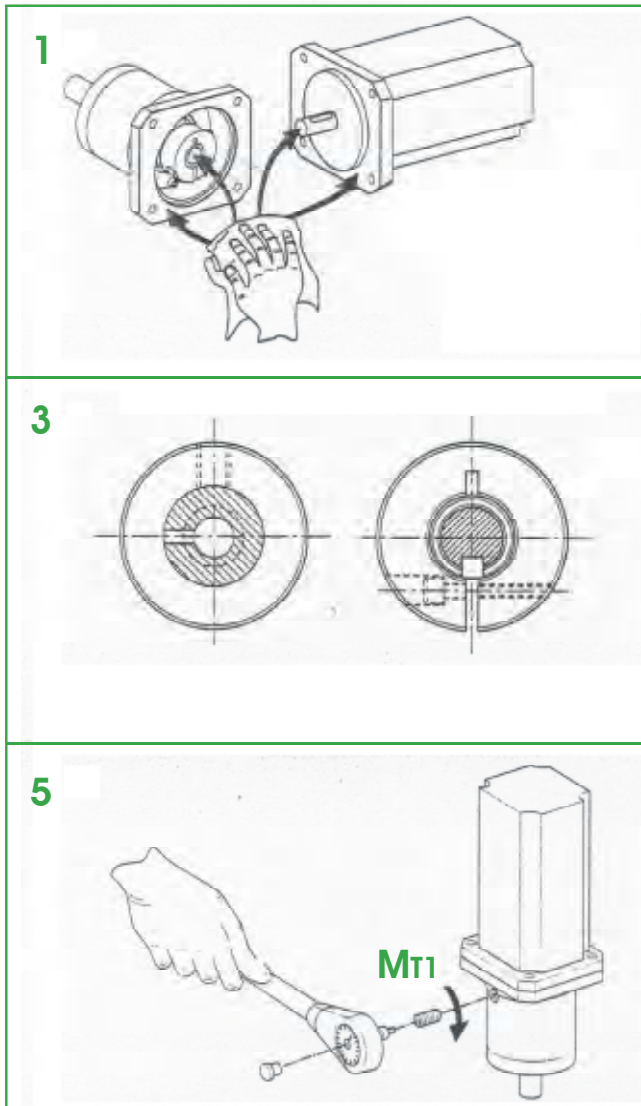
Type	Mn2	Ma2	Mp2	n1	n1max	φ	Rn1	Rn2	An2	η	J
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[rpm]	[rpm]	[arcmin]	[N]	[N]	[N]	[%]	[kgcm ²]
HTRG10N020MHP70119MC	170	250	600	3000	4500	15	600	1500	1600	94	0.93
HTRG10N100MHP70119MC	100	180	360	3500	5000	15	600	1500	1600	94	0.38



MAC800 and MAC141 integrated servo motors mounted with HTRG gears



Mounting instructions



The procedure when mounting a HTRG Gear on a motor is as follows:

- A) Remove the small plastic cover in the side of the gear. (2) and loosen the side screw.
- B) Align the key seat of the motor shaft with the slit of the input coupling
- C) Mount the gear and motor together (4)
- D) If the flange of the motor and the gear are pressed all together, jump to H
- E) Tight the 4 screws holding the motor and gear together firmly (6)
- F) Tight the side screw firmly (5)
- G) Jump to K
- H) Tight the side screw firmly (5)
- I) Tight the 4 screws holding motor and gear together firmly. (6)
- J) Loosen the side screw and tight it firmly once more to avoid tension in the bearings (5).
- K) Succes!

Motor shaft diam.	Locking bolt	Tightening torque MT1 (Nm)	Torque transmitted at 20° C (Nm)	Torque transmitted at 90° C (Nm)
6/6.35	M4	5	9	6
9/9.52	M4	5	14	11
14	M6	11	35	25
19	M6	11	120	90

Bolt size	Tightening torque MT2 (Nm)		
	Bolt class		
	8.8	10.9	12.9
M4	2.9	4.1	4.95
M5	5.75	8.1	9.7
M6	9.9	14	16.5
M8	24	34	40

General Information about the HTRG Gears

ISO 9000 certification:

The manufacturer follows ISO 9001 in its quality control. All components of the gears are tested according to procedures prescribed in the ISO standard.

Materials and manufacture:

The gear housing is manufactured of hardened 38NiCrMo5 steel that is phosphate coated for extra protection. The gear wheels are manufactured of case-hardened 18 NiCrMo5 steel. The gear teeth are all ground finished. In models that use taper roller bearings, the surface of the planetary gear wheels are pieced together to provide optimum alignment. (Models HTRG05 and HTRG06 do not use taper roller bearings due to space requirements. These models use rigid ball bearings.) The taper roller bearings are Cr100 bearings to achieve the highest precision. NSL and INA bearings are used. The output shaft is manufactured of ground finished hardened 38NiCrMo4 steel.

Tolerances:

The axial and radial slippage are a few hundredths of a mm, corresponding to C3-class bearings. The standard gears have a backlash of between 15' and 20' from the input shaft to the output shaft. Models are also available with less than 10' and 5' backlash.

Model MP053 is also available in a less expensive version with 30' backlash. The backlash is measured at a torque of 10% of the gear's rated torque. Within the ranges specified here, the backlash is dependent on the selected gear ratio. The backlash of a planetary gear is not dependent on the number of stages, but on the gear ratio of the individual stages. The slippage in the stages before the output shaft is reduced by the stage's own and each subsequent stage's gear ratio.

Temperature:

All components of the gears, including seals and O-rings, can withstand temperatures up to 100°C. During continuous operation the temperature of the gears can reach 70 to 80 °C.

Sealing:

The gears fulfil IP65 requirements. IP66 requirements can also be achieved if the coupling between the motor and gear is sealed using silicone and the gear housing is painted with protective paint. The gear output shaft is however not stainless steel.

Lubrication:

The gears are lubricated with a 00-density lubricant, Klubersynth GE-46 1200. This lubricant ensures good lubrication even at the very high

rotational speeds at which planetary gears operate. It may also be possible to use a lubricant of the type Castrol OPTIMOL, but this has not been fully tested.

Drawings:

Engineering drawings of the gears can be supplied on diskette as AutoCad drawings in DXF format.

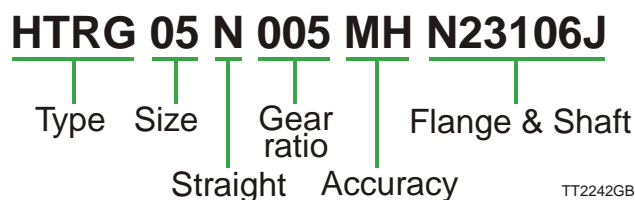
Gearing:

It is not recommended to use the gears 'in reverse', i.e. for gearing up. It is possible to do this at very low torques, maximum 5Nm for HTRG05 and HTRG06, and maximum 10 Nm for HTRG08 and HTRG10. It is however very risky due to the large speeds attained by planetary gears and the manufacturer recommends it is not done.

Lifetime:

The gears are supplied with a 1-year guarantee on mechanical failure of components. The lifetime of the gear depends on the rotational speed and the radial load. It will typically be 10.000 hours or more. Lubricant supplier, Kluber, specifies a lifetime of 18000 hours for the lubricant under continuous operation of the gears within the specified torque range.

Gear order numbering system



For full information on gear order numbering please contact JVL

Angled Gears



Bevel helical units type HTRGxxK, manufactured under the most stringent quality specifications, are designed for dynamic and accurate applications where light weight and space effectiveness are a factor. Many options can be selected as far as motor adaptors and output shaft configurations that facilitate the installation on the driven equipment, are concerned

- Available in one backlash option ($\phi = 8'$)
- Single reduction; ratios $i = 1, 2, 5$
- Radial ball bearings are of standard supply, while taper roller bearings can be optionally specified for particularly demanding loading conditions.
- Protection IP65
- Max. noise level $LP \leq 70\text{dB(A)} @ n_1 = 3000 \text{ min}^{-1}$
- Units are factory charged with synthetic lubricant suitable for operation at ambient temperatures in the range 0° to 40°C . The lubricant quantity is affected by mounting position, which therefore will have to be specified at the time of ordering. In the absence of contamination lubricant does not require periodical changes. The type of lubricant, whether grease or oil, depends on type of duty, as charted below:

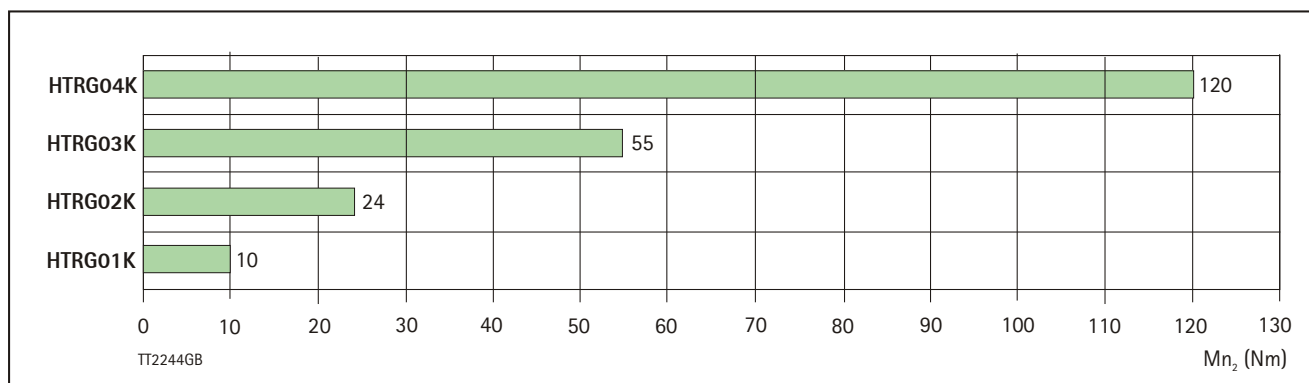
duty	HTRG01K	HTRG02K	HTRG03K	HTRG04K
S1	O/V	O/V	O/V	O/V
S5	G/V	G/V	G/V	G/V

Legend:

S1 = Continuous duty
S5 = Intermittent duty

O = Synthetic oil, viscosity ISO VG 220
G = NLGI Grease, consistency 00

V = Viton® seals





JVL Industri Elektronik A/S
Blokken 42
DK-3460 Birkerød, Denmark
Tel: +45 4582 4440
Fax: +45 4582 5550
E-mail: jvl@jvl.dk www.jvl.dk

MAS23X Shaft Reinforcement and MAB23X Electronic Brake for NEMA23 motors



MAS23X-01



MAB23X-03



Shaft Reinforcement MAS23X-01

The shaft reinforcement is designed for use with step and servo motors such as the MAC 50-141 series of integrated servo motors. It fits on all NEMA23 step- and servo motors with 6.35mm shaft. The Shaft Reinforcement contains a ball

bearing with an outer diameter of 35mm and an output shaft of 14mm. This ensures that the shaft can withstand even high radial and axial loads.

The output shaft and flange are compatible with Yaskawa/Omron SGM and SGMAH

200/400W flanges and makes it possible to replace existing motors with a MAC motor.

An M5 threaded hole at the shaft end makes it easy to mount a toothed or other drive disk.

Electronic Brake MAB23X-01, MAB23X-03 and MAB23X-12

The electronic brake is designed to be mounted on step- and servo motors, such as the MAC 50-141 series of integrated servo motors.

A high quality electro-magnetic brake is mounted inside the housing. The brake has zero backlash and no auditory noise.

It fits on all step- and servo motors with NEMA23 flange and 6.35mm shaft.

The brake is used when it is desired to hold the motor shaft fixed at power off, or when the motor is used in a vertical linear application.

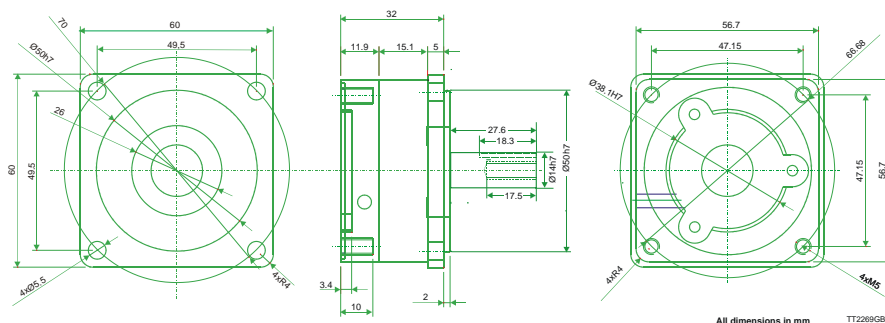
When 24 VDC is connected, the

brake will be deactivated and the motor can turn freely. It is recommended to use the brake only as a holding brake and not as an emergency brake.

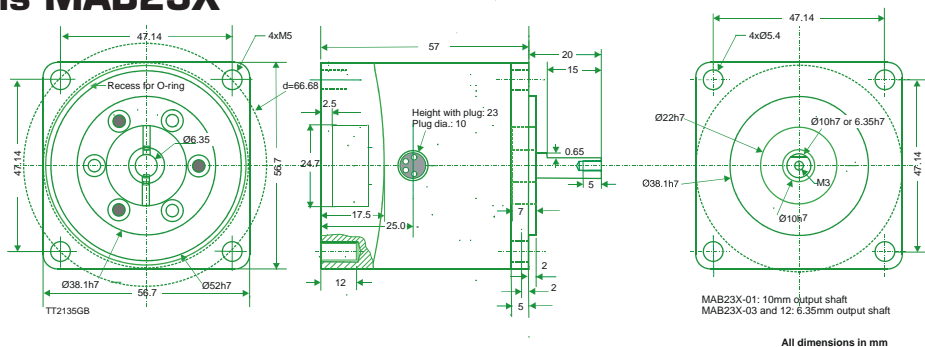
An M3 threaded hole at the shaft end makes it easy to mount a toothed or other drive disk.

MAS23X Shaft Reinforcement and MAB23X Brake

Dimensions MAS23X

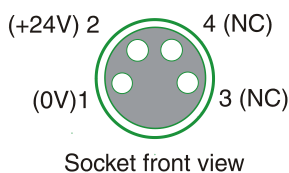


Dimensions MAB23X



Specifications MAB23X

Voltage: 24VDC $\pm 10\%$
 Current: 450 mA
 Holding torque: 1.5 Nm
 Weight: 425 g
 Surface: Black anodized aluminium
 Velocity: Rated: 3000rpm, Max. 10,000Rpm
 All data $\pm 10\%$
 Approval: VDE0580 and CE
 Connector: M8. Pin2+, Pin1-, Pin3 and 4 NC. Male 4-pin.



	MAB23X 01	MAB23X 03	MAB23X 12
Radial load (N)	300	140	140
Axial load F_{A1} (N)	50	50	50
Axial load F_{A2} (N)	100	100	100
Inertia (kgcm ²)	0.080	0.072	0.072
Output shaft \varnothing (mm)	10	6.35	6.35
Connection	M8 *	M8 *	PG9 w. cable

* Cable WI1000-M8F4A05N is delivered with the brake

Accessories



WI1000-M8F4A05N. M8 female connector with 5 m cable. Pin 1 blue, pin2 brown, pin3 white, pin4 black. IP67.



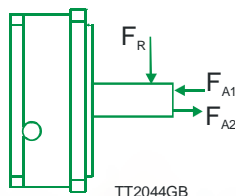
Lipseal for IP65 shaft protection
 M00101 for MAB23x
 M00103 for MAS23x



M00012 O-Ring for flange protection

Specifications MAS23X

Radial load F_R : 280N
 Axial load: F_{A1} (towards motor) 20N*
 Axial load: F_{A2} (towards drive disk) 140N
 Weight: 245g
 Surface: Black anodized aluminium
 Max velocity: 4500rpm
 MAS23X-01: 14mm Output shaft
 * Typical value. Depends on motor ball bearings.



Application with JVL units

Both units can be mounted on all NEMA23 motors with 6.35mm shaft.

JVL motors:

Step motors:

MST001A
 MST002A
 MST 230xx to MST232xx

Integrated servo motors

MAC050-MAC141

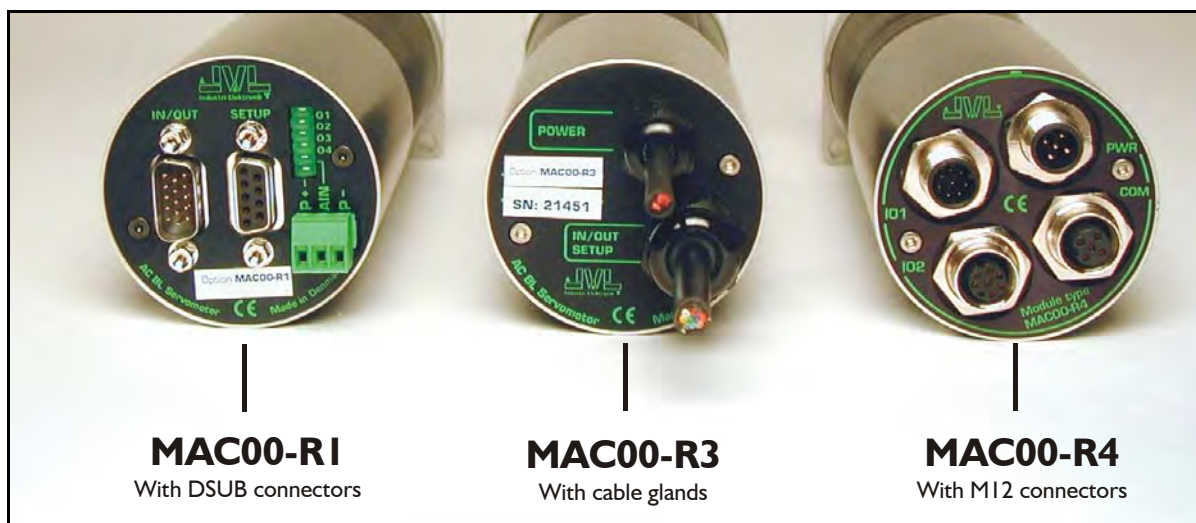
Integrated step motors

MIS231-MIS232



JVL Industri Elektronik A/S
 Blokken 42
 DK-3460 Birkerød, Denmark
 Tel: +45 4582 4440
 Fax: +45 4582 5550
 E-mail: jvl@jvl.dk www.jvl.dk

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4



4.9.1 Expansion modules MAC00-R1, R3 and R4 overall description

The expansion modules MAC00-R1, R3 and R4 can be mounted on standard MAC motors MAC50, MAC95, MAC140, MAC141, MAC400 and MAC800.

These option modules are also called “nanoPLC” modules as they perform like a small programmable logic controller with a small number of digital I/Os.

The module makes it possible to perform simple positioning, speed and/or torque control via 8 digital inputs which all are galvanically isolated and can be operated with 24V control signals from for example a PLC or external sensors.

Typical applications for these expansion modules are in stand-alone systems where the MAC motor must be able to operate as a complete positioning system without the need for an external PLC or computer. Please note that it is also possible to change or read parameters such as position, speed etc. during operation using the serial interface.

Applications typically include:

- Replacement for pneumatic cylinders.
- Dispenser systems
- Turntables
- Simple pick and place systems
- Machine adjustment/setup.

All of the modules offer the same functions but with the following hardware differences:

Type	Protection class	Connectors		
		I/O and interface	Power supply	LEDs at I/O
MAC00-R1	IP42	DSUB 9 pole	3 pole Phoenix	Yes
MAC00-R3	IP67/IP65*	Cable glands	Cable glands	No
MAC00-R4	IP67/IP65*	M12	M12	No

Note*: IP65 on MAC400-800

The MAC00-R3 module can also be delivered with cable in selected lengths. Cables with M12 connectors can also be supplied for the MAC00-R4 module.

The first part of this section deals with the common features of both modules. Please see the latter pages of the section for see specific information about each module (for example, connection diagrams).

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.2 Important before use

Please note that two different types of firmware setup are available.

- **Graphic programming setup** (Firmware MAC00-RxP).
- **Fixed formats** (MAC00-Rx). See User Manual LB0047-18GB

Until Q3 2004, the only firmware available was the “fixed format type”. Since this date the fixed format firmware has not been updated and the Graphic Programming Setup is the preferred type, i.e. all new modules by default contain this new type of firmware.

The graphic programming firmware offers 100% flexibility since almost any function in the motor can be controlled using simple, user-friendly commands that are built together as a sequential program.

The user interface of both types of firmware setup is shown below.

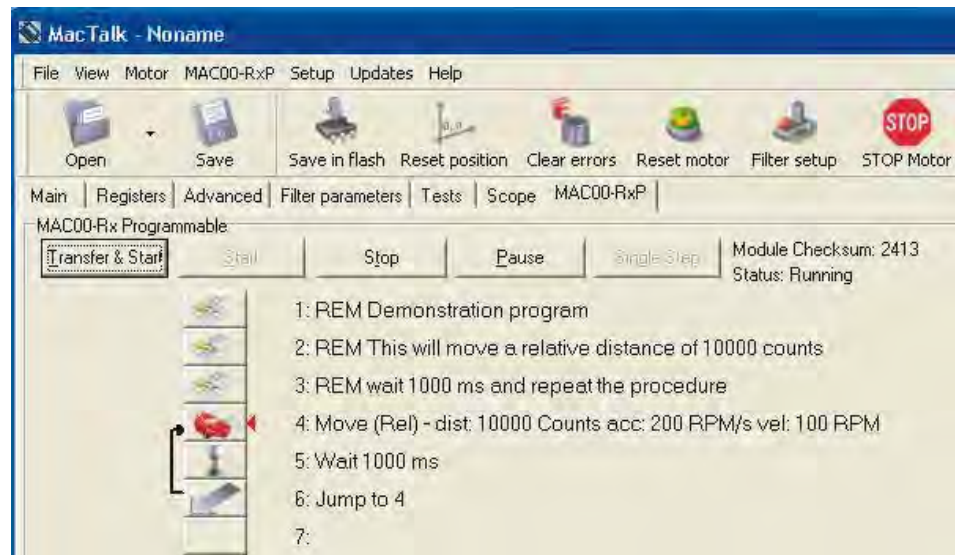
Note: If MacTalk is used off line (no motor connected), all tabs can be seen by selecting *Show hidden pages* in the View menu.

Graphic programming.

The module setup with graphic programming firmware (MAC00-RxP).

Simple user-friendly commands can be built together forming a program with the desired function for the application.

The function of each input and output can be user defined



TT1078GB

4.9.3 How to set up the desired firmware

Use the following step-by-step instruction to set up the desired firmware.
(continued next page).

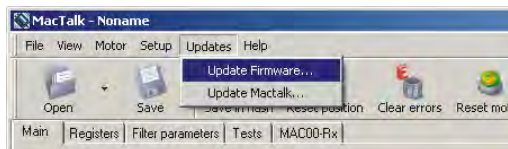
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

Step 1

Determine which firmware you want to use:
Graphic programming (MAC00-RxP).

Step 2

Choose the *Firmware update* in the *Updates* menu.



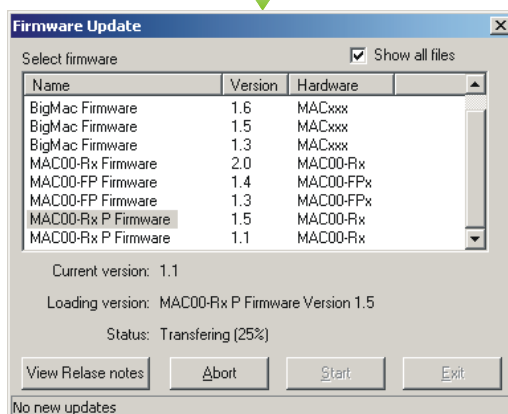
Step 3

Make sure that the checkbox "Show all files" is checked.

Select the desired firmware, MAC00-RxP.

Note that there may exist more than one version. Choose the newest version.

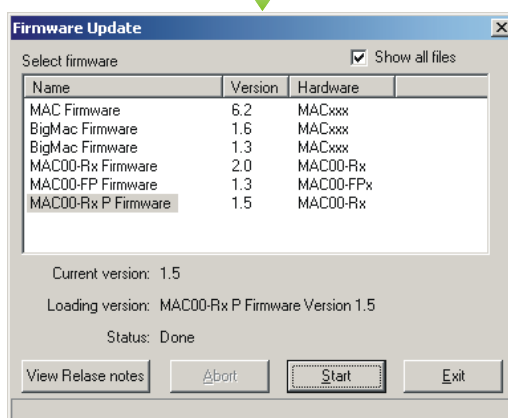
Press *Start* to download the selected firmware.
The progress counter will now rise from 0 to 100%.



Step 4

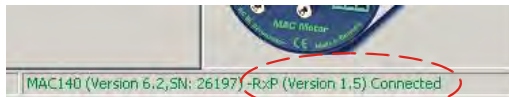
When the download process is finished, the status shows "Done".

Also "Current version" has changed to the actual downloaded version meaning that the firmware in the module is now changed permanently.



Step 5

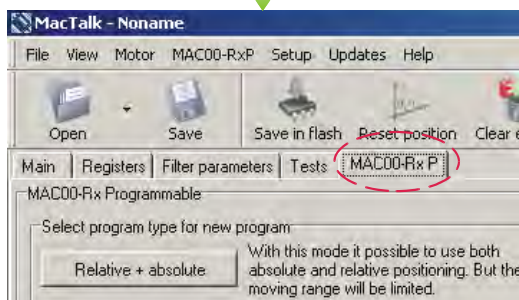
The on-line information shown in the lower right corner of the MacTalk main window will now show the complete type of firmware and version.



Step 6

The MAC00-RxP tab is now available among the other standard tabs.

Proceed with the setup and/or programming according to the description for each firmware type.



TT1079GB

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.4 Getting started with MAC00-RxP

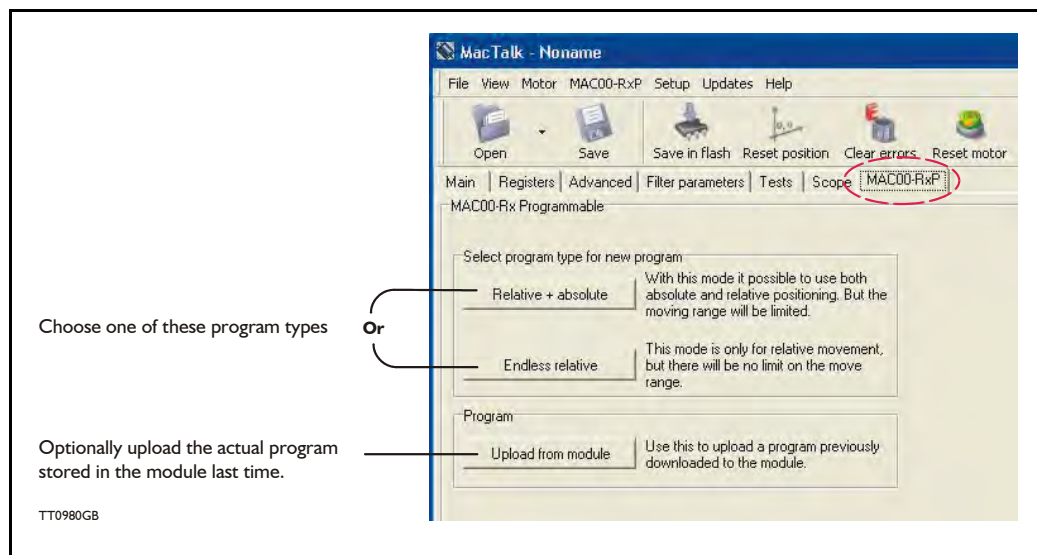
When using the MAC00-R1, R3 or R4 module with MAC00-RxP firmware, almost any kind of program can be created using a set of user-friendly icons.

To create a program, first of all it must be determined whether the application requires that the motor always stays within the allowed position range which is $\pm 67.108.863$ counts or if the application requires that the motor mostly moves in only one direction, meaning that sooner or later it will pass the maximum limit of counts mentioned above.

Typical applications for the two program types are:

Relative + Absolute	XY tables
	Pick and place robots
	Valve actuators
Endless relative	Dispensers for film, labels etc.
	Dosing pumps
	Turntables
	Torque-controlled screw machines

Make the choice on the MAC00-RxP tab.



After making one of these 3 choices above, the program window will be opened.

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.5 MAC00-RxP Main window

The main window for creating a new program or editing a program is shown below:

MAC00-RxP menu
Main menu for creating a new program, Verifying program size and other basic details for the MAC00-RxP module.

Transfer & Start
Will transfer the complete program and start it. Use *Stop* or *Pause* to stop it.

Stop
Use this button if the program must be stopped.

Program lines
Each button represents a program line. By pushing the button a command can be entered at the program line.

Pause
Use this button if the program must be paused. Paused means that the actual program line executed is temporarily paused. When paused, the single step feature can be used to debug the program.

MAC00-RxP Status texts
The message *Program not transferred* means that there is a difference between the program seen on the screen and the actual program in the module. This can happen if the program have been edited but not transferred. *Status: Running* (or *Stopped*) refers to the program in the module.

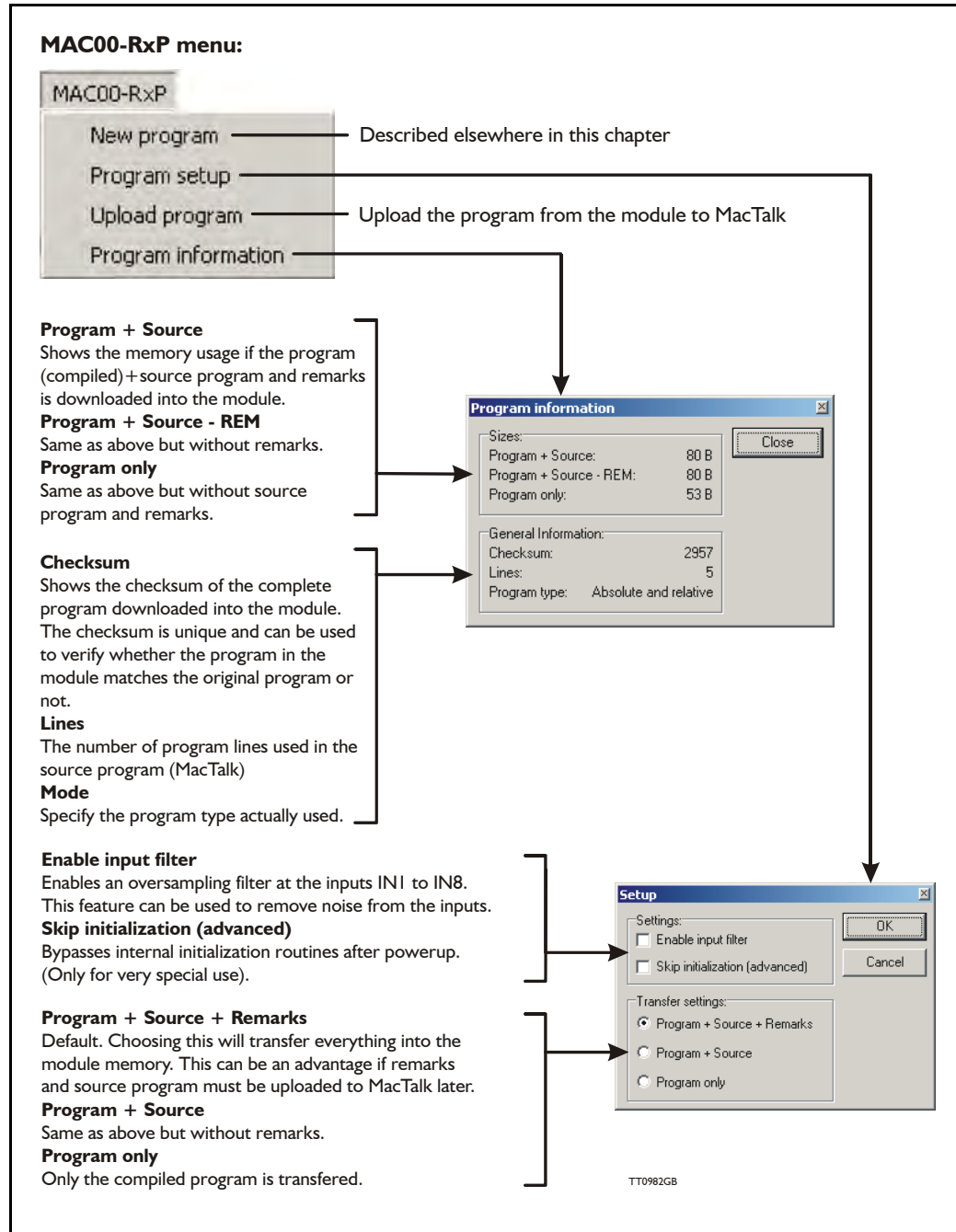
The diagram illustrates the MAC00-RxP software interface. The main window, titled 'MacTalk - Noname', features a menu bar (File, View, Motor, MAC00-RxP, Setup, Updates, Help) and a toolbar with icons for Open, Save, Save in flash, Reset position, Clear errors, Reset motor, Filter setup, STOP Motor, and COM scan. Below the toolbar are tabs for Main, Registers, Advanced, Filter parameters, Tests, Scope, and MAC00-RxP. The 'MAC00-RxP' tab is active, showing a 'MAC00-RxP Programmable' section with buttons for 'Transfer & Start', 'Start', 'Stop', 'Pause', and 'Single Step'. A status bar at the bottom indicates 'Module Checksum: 2648', 'Program not transferred', and 'Status: Running'. A list of program lines (1-7) is visible on the right. A central 'MAC00-RxP' menu is shown with options: 'New program', 'Program setup', 'Upload program', and 'Program information'. Arrows indicate the flow between these options and their respective sub-windows: 'New program' leads to the 'Setup' window; 'Program setup' leads to the 'Program information' window; 'Upload program' leads to the 'Transfer & Start' button in the main window; and 'Program information' leads to the 'Program information' window. The 'Setup' window has 'Settings' (Enable input filter, Skip initialization) and 'Transfer settings' (Program + Source + Remarks, Program + Source, Program only). The 'Program information' window shows 'Sizes' (Program + Source: 80 B, Program + Source - REM: 80 B, Program only: 53 B) and 'General Information' (Checksum: 2957, Lines: 5, Program type: Absolute and relative). The 'Transfer & Start' button in the main window is highlighted, and the 'Start' button in the 'Transfer & Start' sub-window is also highlighted. The 'STOP Motor' button in the toolbar is also highlighted.

TT0981GB

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.6 MAC00-RxP menu

The MAC00-RxP menu found at the top of the main window gives access to following possibilities:



4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.7 How to build a program

When choosing New program in the MAC00-RxP menu or entering MacTalk for the first time, programming can be started.

Press the button at line 1 and a tool box will pop up.

① Press the first button to create the first program line. The "Select command" box will pop up.

② Choose the desired command. In this example it is desired to wait for an input to be activated before further program execution.

③ Choose to wait until input 5 is high and press OK

④ The command is inserted at the previous selected program line

TT0983GB

Continued

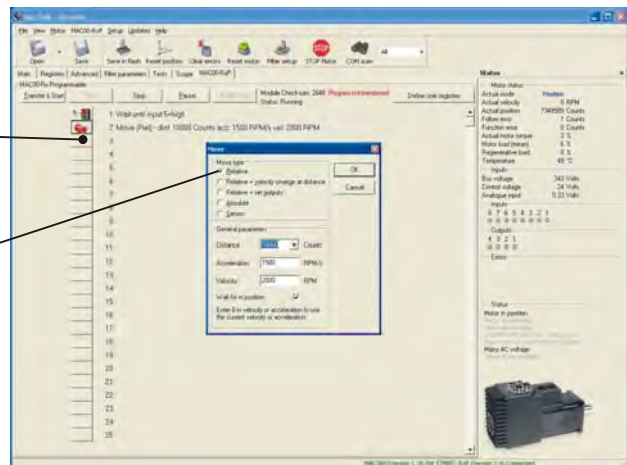
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

⑤

Press the second button to create the second program line

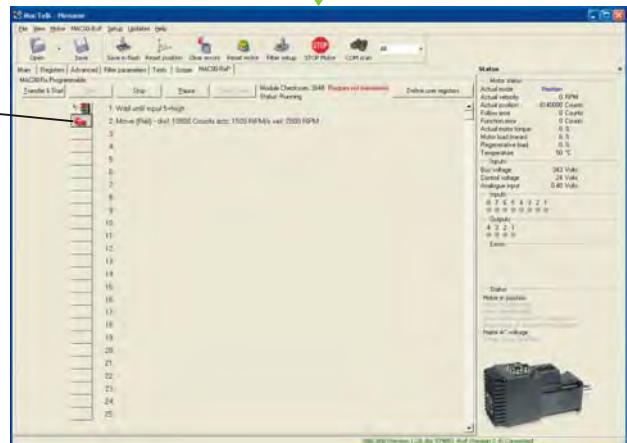
⑥

Choose the movement type needed.
Relative: Move x counts forward with reference to the actual position.
Absolute: Move to the x position with reference to the zero search position.



⑦

The relative move command just entered is converted into a program line.

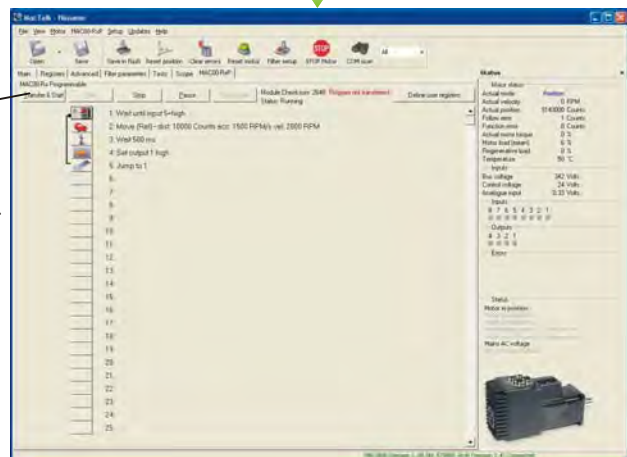


⑧

Multiple program lines are entered by the user forming the last part of the program.

⑨

Now the program is finished. Press the "Transfer & Start" button.
Now the program will be transferred and stored permanently in the module.
The program will be executed immediately



TT0984GB

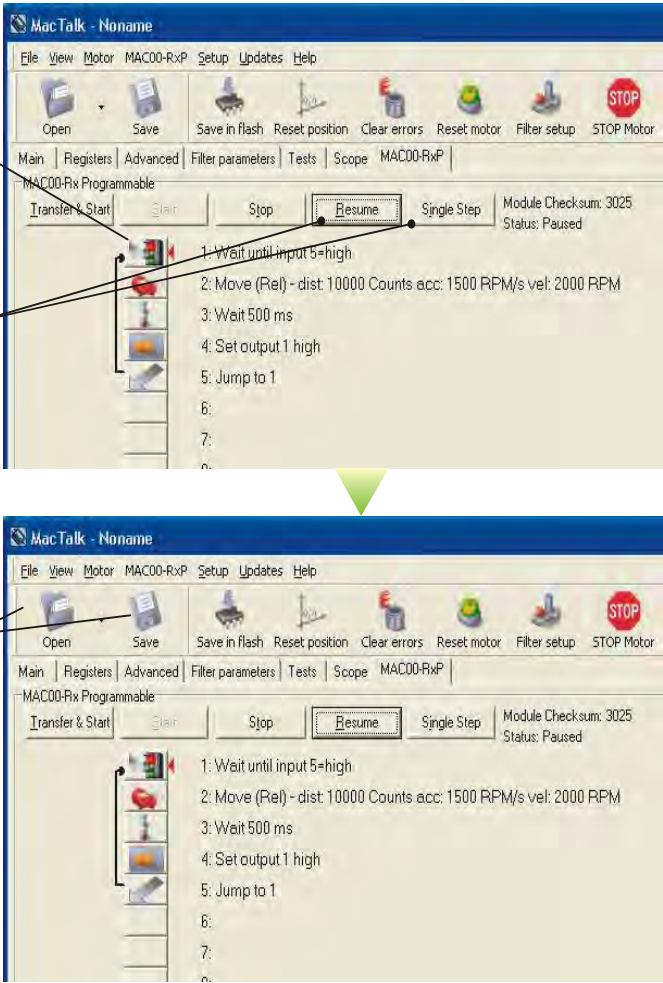
Continued

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

10
Now the program is running continuously. The actual program line which is executed is shown by the small red arrow.

11
By choosing the "Pause" button, the program is paused. After it is paused, it is possible to single step through each program line which can be a useful feature to debug the program since the action in each line can be closely observed.

12
When the program is finished, it can be saved on the harddisc or floppy disc. Please be aware that when saving the program it is the complete program including the overall setup of the motor such as servofilter, I/O setup etc. Everything is stored in a file with the extension .MAC. Later it can be opened and restored in the motor.



TT0985GB

4.9.8 General programming hints

When a program is built and saved, the following hints may be useful to ensure that the program behaves as expected.

1. When transferring the program to the module it is saved permanently in the memory and the program will be executed each time the motor is switched on.
2. Before making a program, ensure that the basic parameters for controlling acceleration, torque, safety limits, etc. are set to proper values. When saving the program on the hard disk or floppy disk, all of these basic parameters will be saved together with the program as a complete motor setup package.
3. A program line can be edited by double-clicking the command text.
4. When the cursor is placed on top of the command icon, an edit menu can be called up with a right-click.

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

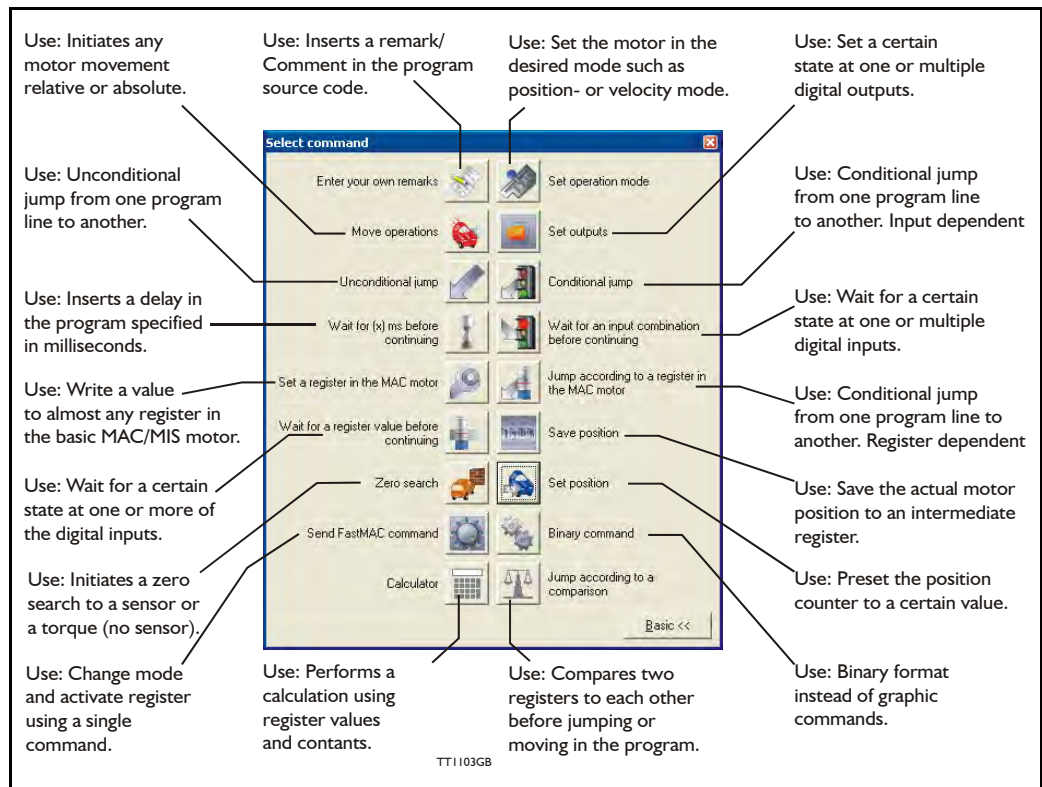
4.9.9 Command toolbox description

The toolbox used for programming comprises 16 different command types.

The idea is for the commands to give easy access to the most common functions in the motor. Some functions may seem to be missing at first sight but the buttons “Set register in the MAC motor” or “Wait for a register value before continuing” give direct access to + 50 registers down in the basic MAC motor, such as the gear ratio or the actual torque register.

In total this provides a very powerful programming tool since >95% of a typical program can be built using the simple command icons and the remaining part is obtained by accessing the basic motor registers directly.


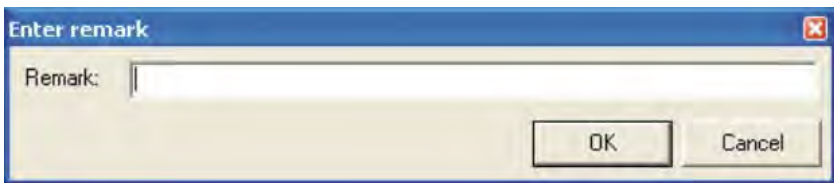
A short description of all 16 command icons is given below.




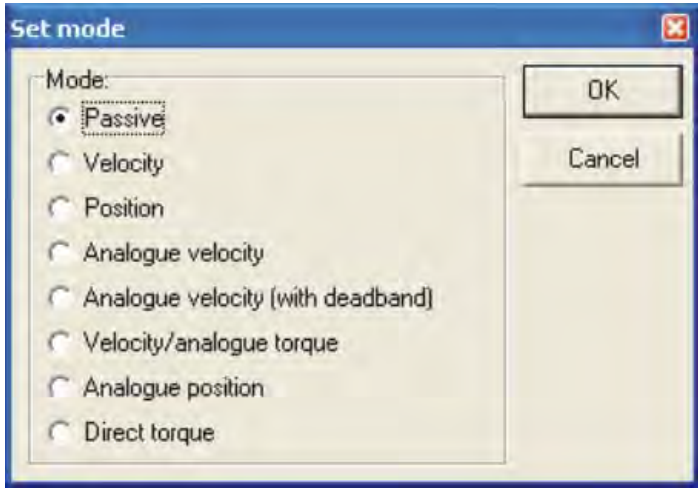
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10 RxP Command Reference

4.9.10.1 Enter your own remarks


Icon:	
Dialogue:	
Function:	Inserts a remark/comment in the source code. The program line will not do anything, but can make the source code easier to read. This can be very important, if other programmers have to review or work on the code, or if the program is only worked on infrequently.

4.9.10.2 Set operation mode


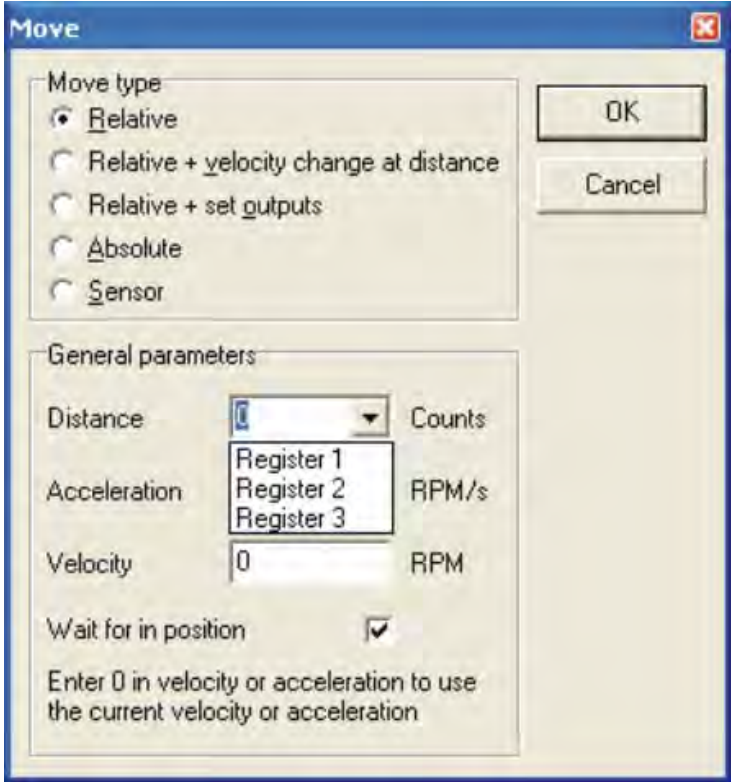
Icon:	
Dialogue:	
Function:	Sets the operating mode for the motor. When the program encounters a program line with this command, the motors operating mode will be set to the specified mode. This allow you to use different operating modes in different parts of the program. For a detailed description of the individual operating modes, refer to section 1.2.1

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.3 Move operations


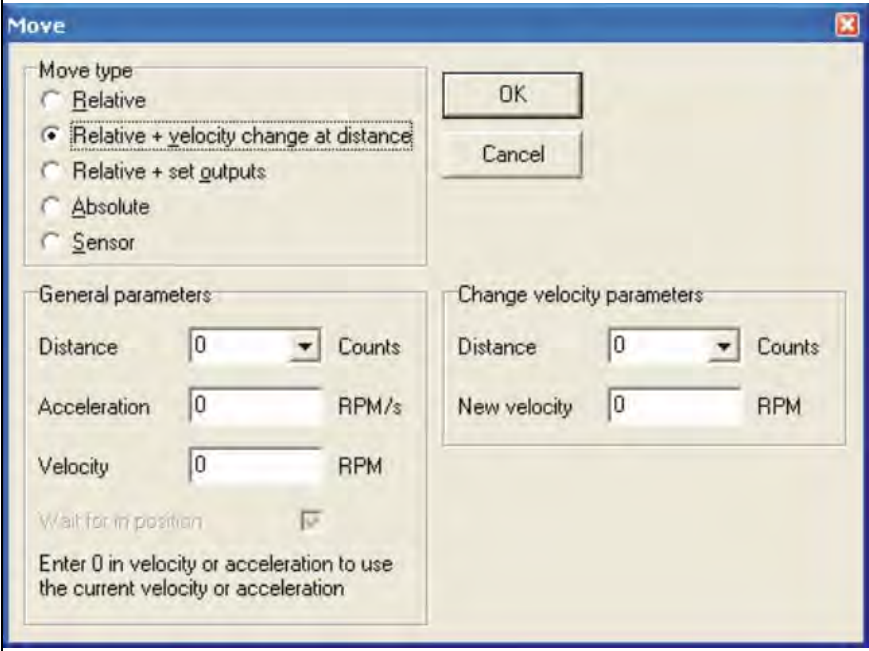
Icon:	
Function:	The Move command is very flexible, with five different operating modes. Each mode will be described in its own section

4.9.10.4 Move Relative

Icon:	
Dialogue:	
Function:	Performs a movement relative to the current position. The distance moved is measured in encoder counts, and can either be entered directly, or taken from three memory registers in the RxP module. For further information on using these memory registers, refer to the sections on the "Save position" and "Set position" commands. Note that if you specify a velocity, motor register no. 5 (V_SOLL) will be over written with this velocity value. Also, if you specify an acceleration, motor register no. 6 (A_SOLL) will be overridden with the acceleration value you specified. Register no. 49 (P1) is always over written by this command. If the "Wait for in position" option is checked, the program will wait until the motor has finished the movement, before proceeding to the next program line. If this option is not checked, the program will start the movement, then immediately start executing the next command. The motor will finish the movement on its own, unless it is given other instructions by the program.


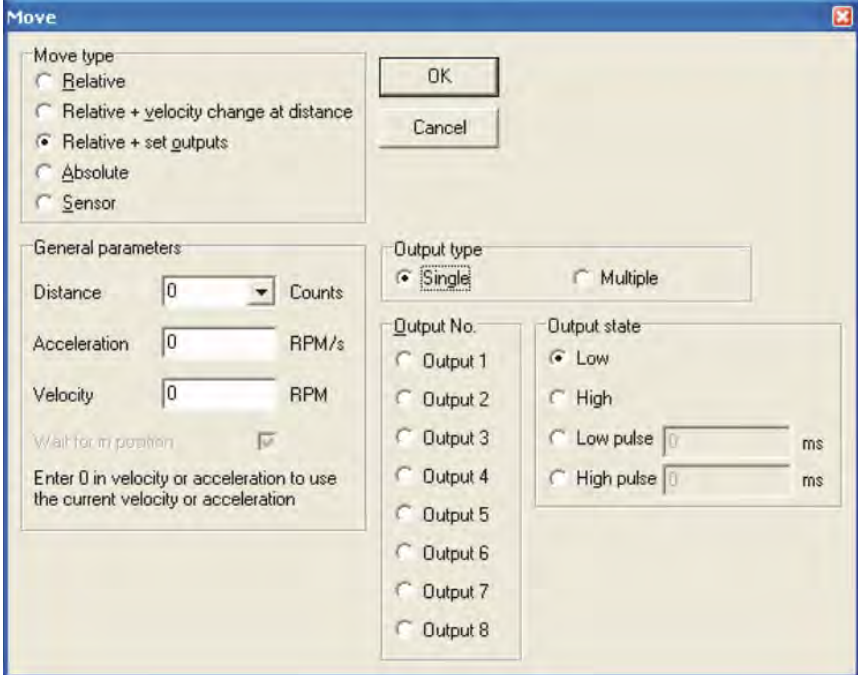
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.5 Move (Relative + velocity change at a distance)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Performs a relative movement, and changes velocity a specified distance before reaching the new position. The distance are measured in encoder counts, and can either be entered directly, or taken from three memory registers in the RxP module. For further information on using these memory registers, refer to the sections on the "Save position" and "Set position" commands.</p> <p>Note that motor register no. 5 (V_SOLL) will be over written with the value specified in the "New velocity" field. Also, if you specify an acceleration, motor register no. 6 (A_SOLL) will be over written with the acceleration value you specified. Register no. 49 (P1) is always overridden by this command. This command always wait until the movement is finished, before proceeding to the next line in the program.</p>


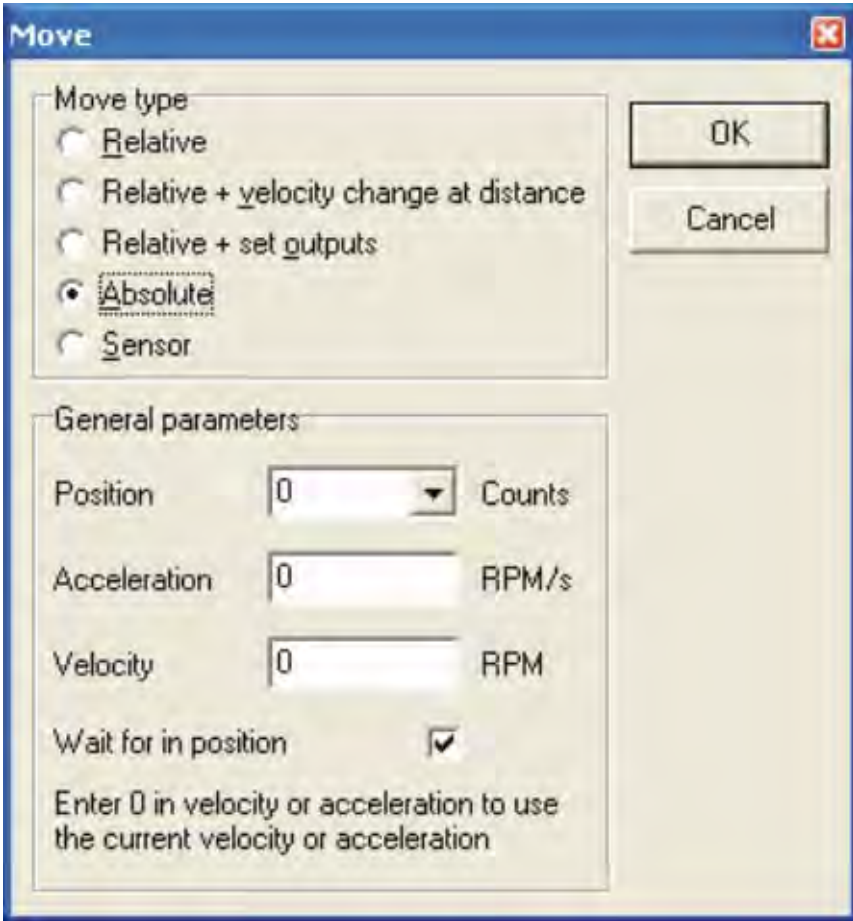
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.6 Move (Relative + set outputs)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Performs a movement relative to the current position, and sets one or more outputs on the RxP module when the operation is completed. The distance moved is given in encoder counts, and can either be entered directly, or can be taken from one of three memory register in the RxP module. For further information on using these memory registers, refer to the sections on the "Save position" and "Set position" commands. Note that if you specify a velocity, motor register no. 5 (V_SOLL) will be over written with this velocity value. Also, if you specify an acceleration, motor register no. 6 (A_SOLL) will be over written with the acceleration value you specified. Register no. 49 (P1) is always over written by this command. This command always wait until the movement is finished, before proceeding to the next line in the program.</p>


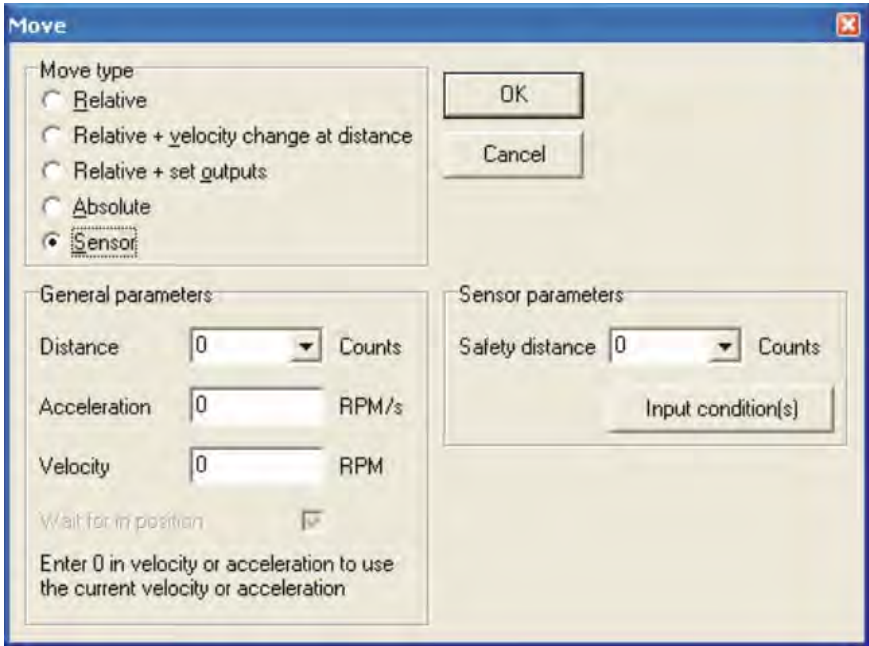
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.7 Move (Absolute)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Moves to an absolute, non-relative position. The position is given in encoder counts, and can either be entered directly, or can be taken from one three memory register in the RxP module. For further information on using these memory registers, refer to the sections on the "Save position" and "Set position" commands.</p> <p>Note that if you specify a velocity, motor register no. 5 (V_SOLL) will be overwritten with this velocity value. Also, if you specify an acceleration, motor register no. 6 (A_SOLL) will be over written with the acceleration value you specified. If the "Wait for in position" option is checked, the program will wait until the motor has finished the movement, before proceeding to the next program line. If this option is not checked, the program will start the movement, then immediately start executing the next command. The motor will finish the movement on its own, unless it is given other instructions by the program.</p>


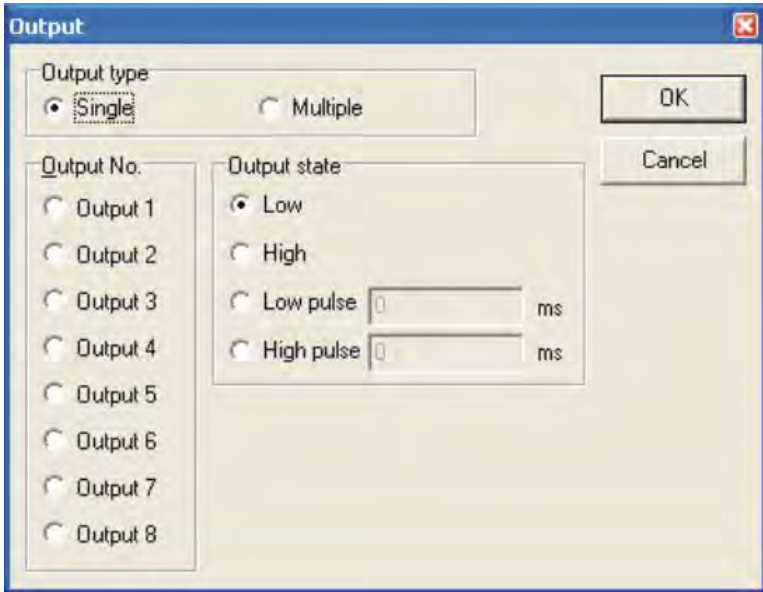
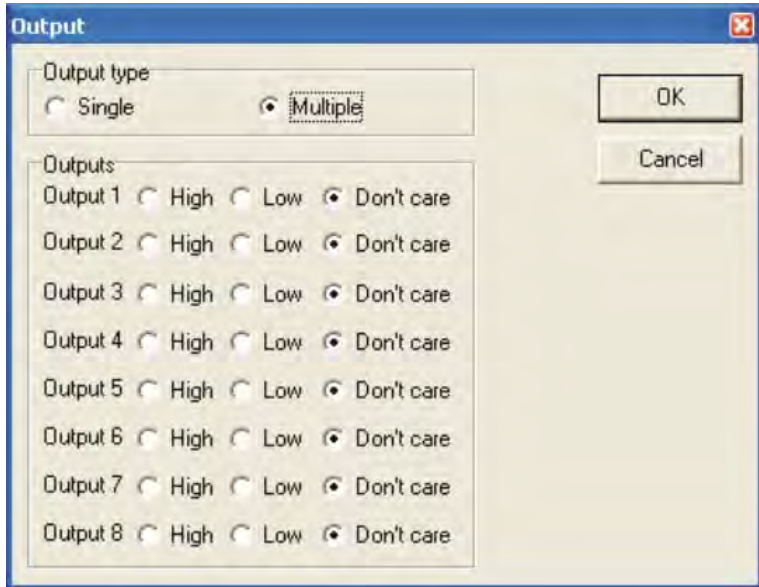
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.8 Move (Sensor)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Performs a movement in the direction specified, until an input condition is satisfied. The motor then moves the distance specified, before stopping. The motor will not move farther than the Safety distance specified, regardless of whether the input condition is satisfied. The distances are measured in encoder counts, and can either be entered directly, or can be taken from one of three memory register in the RxP module. For further information on using these memory registers, refer to the sections on the "Save position" and "Set position" commands. Note that if you specify a velocity, motor register no. 5 (V_SOLL) will be over written with this velocity value. Also, if you specify an acceleration, motor register no. 6 (A_SOLL) will be over written with the acceleration value you specified. Register no. 49 (P1) is always overridden by this command This command always wait until the movement is finished, before proceeding to the next line in the program.</p>


4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.9 Set outputs


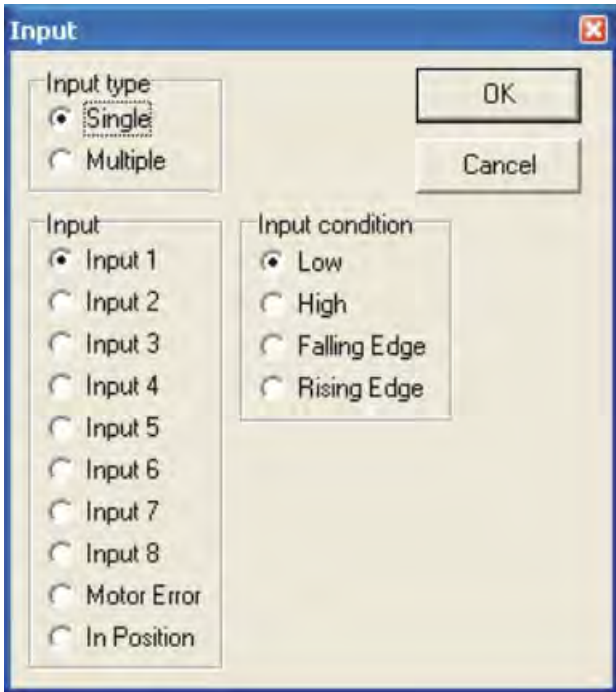
Icon:	
Dialogue:	<div></div> <div></div>
Function:	Sets one or more outputs on the RxP module. When setting a single output, you can specify the length (in milliseconds) of a pulse to send out on that output. When setting multiple outputs, you can specify whether to set each output high, low, or leave it in its current state

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.10 Unconditional jump



Icon:	
Dialogue:	None. After selecting this command, the mouse cursor changes. The next program line that you click on will become the destination for the jump.
Function:	Jumps to another line in the program

4.9.10.11 Conditional jump (single input)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Tests for an input condition, before either jumping to another line in the program, or moving on to the next line in the program. If the condition is met, the command jumps to the specified program line. If the condition is not met, the program proceeds to execute the next line in the program. When "input type" is set to "single", the command can test a single input for one of four possible conditions: the input is low, the input is high, the input has transitioned to low (Falling Edge), or the input has transitioned to high (Rising Edge). If transitions are tested for, the transition must have taken place during the last 30 microseconds.</p> <p>After pressing the OK button, the dialogue will disappear, and the mouse cursor will change. The next program line that you click on will then become the destination for the jump command</p>


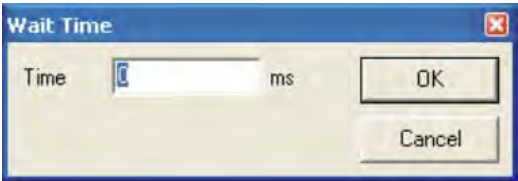
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.12 Conditional jump (multiple input)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Tests for an input condition, before either jumping to another line in the program, or moving on to the next line in the program. If the condition is met, the command jumps to the specified program line. If the condition is not met, the program proceeds to execute the next line in the program. When "input type" is set to "Multiple", Multiple inputs can be tested for being either high or low.</p> <p>The "Operand" setting determines whether one or all of the inputs must meet their test criterion. If set to "And", all inputs must match their test settings. If set to "Or", only one input need to match its test setting. Inputs that are set to "Don't care" are not tested.</p> <p>After pressing the OK button, the dialogue will disappear, and the mouse cursor will change. The next program line that you click on will then become the destination for the jump command.</p>


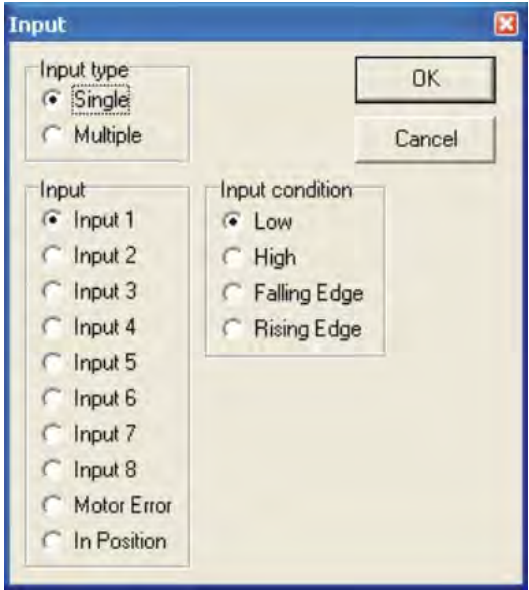
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.13 Wait for (x) ms before continuing

Icon:	
Dialogue:	
Function:	Causes the program to pause for a number of milliseconds, before continuing. The longest pause that can be specified is 65535 milliseconds. The shortest pause that can be specified is 0 milliseconds. Note that this command over writes Timer 1 in the RxP modules memory.


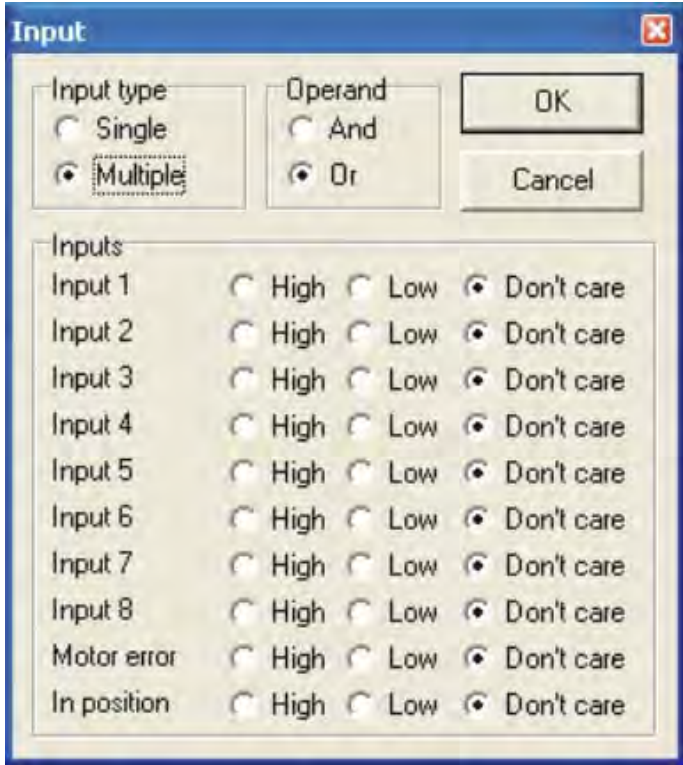
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.14 Wait for an input combination before continuing (single input)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Waits for a specified input condition to occur. The next line in the program will not be executed until the input condition has been met. If "Input type" is set to "Single", the command will wait for one of four things to happen on the specified input: that the input tests as high, that the input tests as low, that the input transitions from high to low (Falling Edge). The input is tested with 30 microsecond intervals.</p>



4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.15 Wait for an input combination before continuing (multiple inputs)


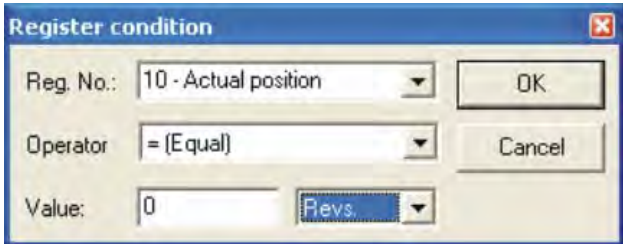
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Waits for a specified input condition to occur. The next line in the program will not be executed until the input condition has been met. If "Input type" is set to "Multiple", multiple inputs can be tested for being either high or low.</p> <p>The "Operand" setting determines whether one or all of the inputs must meet their test criterion. If set to "And" all inputs must match their test settings. If set to "Or" only one input need to match its test setting. Inputs that are set to "Don't care" are not tested. The inputs are tested with 30 microsecond intervals.</p>

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.16 Sets a register in the MAC-motor



Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Sets a register in the motor to a specified value. The register is selected from a list of known, user-accessible registers. The value can either be entered as native motor units, or it can be entered as generic engineering units. The dialogue shown provides an example: register no. 3 (P_SOLL, or requested position, depending on your preference) can either be set to an integer number of encoder counts, or it can be set to a non-integer number of revolutions.</p>

4.9.10.17 Jump according to a register in the MAC motor


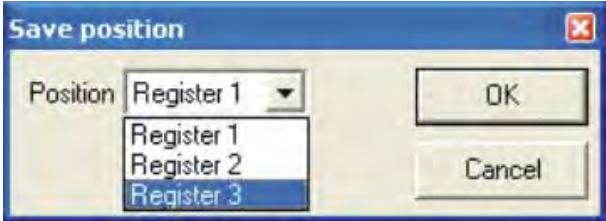
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Tests a register in the motor against a specified value, before either jumping to another line in the program, or moving on to the next line in the program.</p> <p>If the condition is met, the command jumps to the specified program line. If the condition is not met, the program proceeds to execute the next line in the program. The value can either be entered as native motor units, or it can be entered as generic engineering units.</p> <p>The dialogue shown provides an example: register no. 10 (P_IST, or Actual position, depending on your preference) must be equal to 0 revolutions, if the jump is to be made. The position that the register is tested against can be specified as an integer number of encoder counts, or it can be specified as a non-integer number of revolutions.</p> <p>After pressing the OK button, the dialogue will disappear, and the mouse cursor will change. The next program line that you click on will then become the destination for the jump command.</p>

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.18 Wait for a register value before continuing


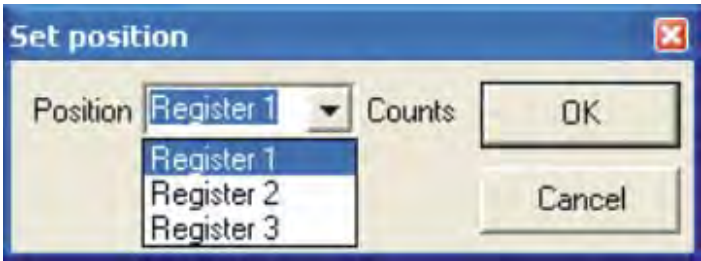
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Tests a register in the motor against a specified value, and waits until the specified condition is met. The value can either be entered as native motor units, or it can be entered as native motor units, or it can be entered as generic engineering units.</p> <p>The dialogue shown provides an example: register no. 10 (P_IST, or Actual position, depending on your preference) must be less than 0 revolutions, before the program can continue.</p> <p>The position that the register is tested against can be specified as an integer number of encoder counts, or it can be specified as a non-integer number of revolutions.</p>

4.9.10.19 Save position


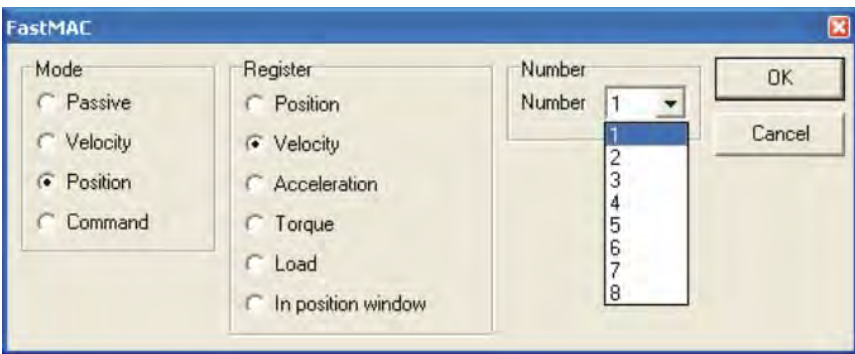
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Saves the current position, from register no. 10 (P_IST), to one of three locations in memory on the RxP module. The saved position(s) can then be used wherever a position or distance is needed in a move command.</p>

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.20 Set position


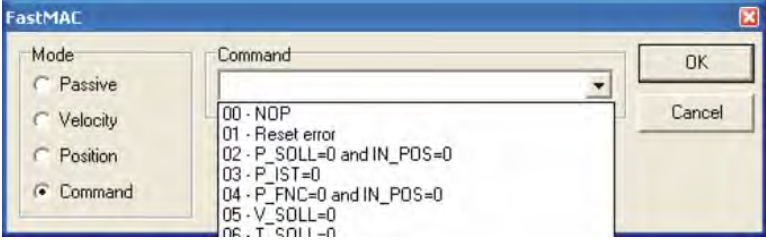
Icon:	
Dialogue:	
Function:	Sets the current position, held in register no. 10 (P_IST), to one of three position values stored in memory on the RxP module. This is the reverse of the "Save position" command.

4.9.10.21 Send FastMac command (change mode and activate register)


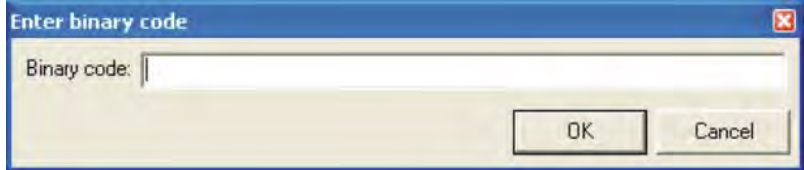
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>FastMAC commands are also sometimes referred to as FlexMAC commands. The advantage of these commands is a very low communications overhead. FastMAC/FlexMAC are described in detail in section 4.5.7. However, a brief summary is in order.</p> <p>If "Mode" is set to one of "Passive", "Velocity", or "Position", the motor will switch into that mode. Also, one of the passive motor registers will be activated, in the sense that its value will be written to the corresponding active motor register, which actually controls motor behaviour. In the example above, the value in register no. 65 (V1) will be written to register no. 5 (V_SOLL). Move operations will then take place at that velocity.</p>

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.22 Send FastMac command (macro command)


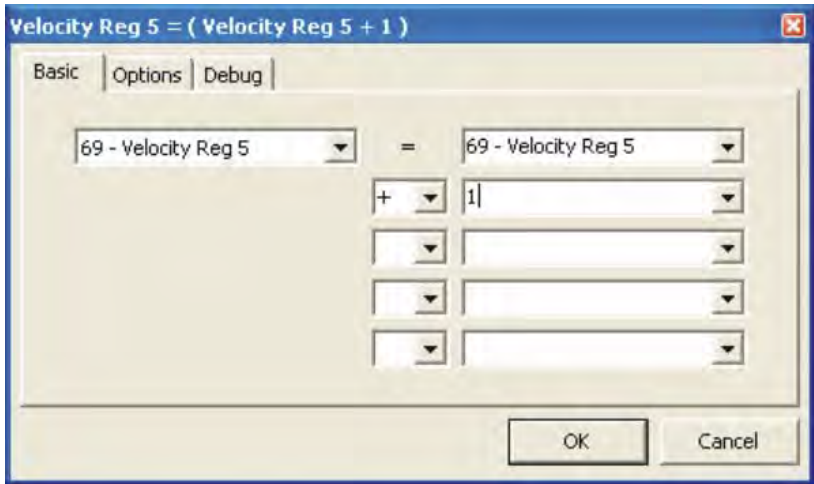
Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>If "Mode" is set to "Command", the motor does not necessarily change mode, but it can be ordered to carry out a series of predetermined operations.</p> <p>Describing all the FastMAC commands is beyond the scope of this section, but as an example, you can activate four different sets of registers, each controlling position, velocity, acceleration, torque, load factor, and in position window, all with a single command.</p> <p>For further details, refer to section 4.9.7.</p>

4.9.10.23 Binary command

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>MacTalk RxP module programs are sent to the motor in a compact binary format, which is then interpreted by the RxP modules firmware.</p> <p>The existing set of graphic commands covers most situations, but when special needs arise, anything that can be done with the RxP module can be done with a binary command. If you find yourself with special needs, that are not covered by the other commands, contact JVL for assistance.</p>


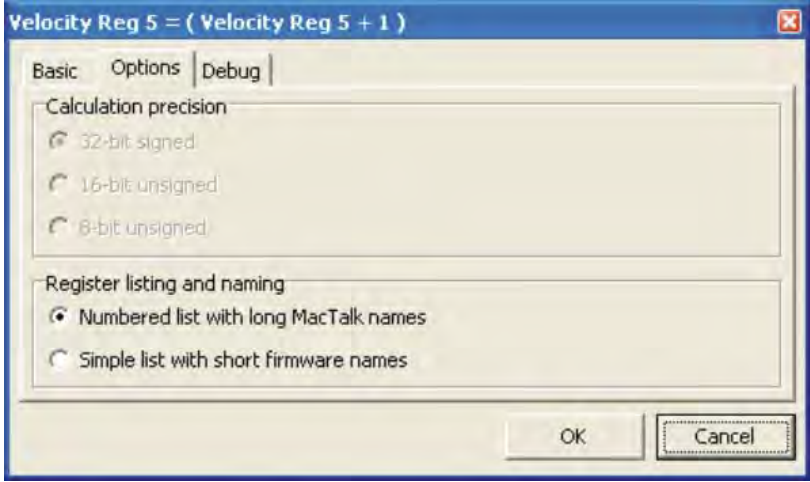
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.24 Calculator (basic)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Performs a calculation using register values, constants, and the four basic arithmetic operations: +, -, * and /. The result is stored in a register. Arithmetic operations take place in the order they are specified. Operands/arguments can be either integer constants or registers. The caption of the dialogue box shows the resulting expression in traditional infix format. It is continuously updated as you type in the expression.</p> <p>Note that if you write a value to a register, using this command, that value is always measured in native motor units. Conversion from generic engineering units is only supported for the commands "Set a register in the MAC motor".</p> <p>"Jump according to a register in the MAC motor", and "Wait for a register value before continuing".</p>


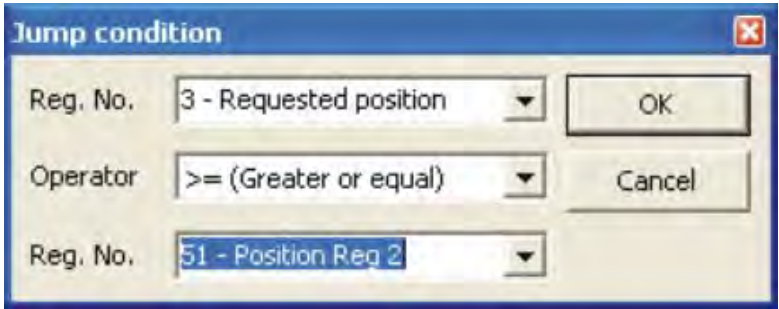
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.10.25 Calculator (Options)

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>The options tab contains various settings that affect the operation of the Calculator command. "Calculation precision" is, at the time of writing, locked to 32-bit precision. This is not an error, and should not be reported. "Register listing and naming" provides an alternative method of entering ata into the dialogue, by selecting "simple list with short firmware names". Instead of selecting, for example, "3 Requested position" to access register no. 3, you can simply type "P_SOLL". If you wish to enter a constant, you simply enter the digits-the dialogue will not mistake the constant for a register number.</p> <p>If you are in doubt about a register name, look at the expression in the caption of the dialogue box. A recognized register name will appear in the expression. An unrecognized register name will appear as a zero. You can switch between the two methods of data entry at any time.</p>

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

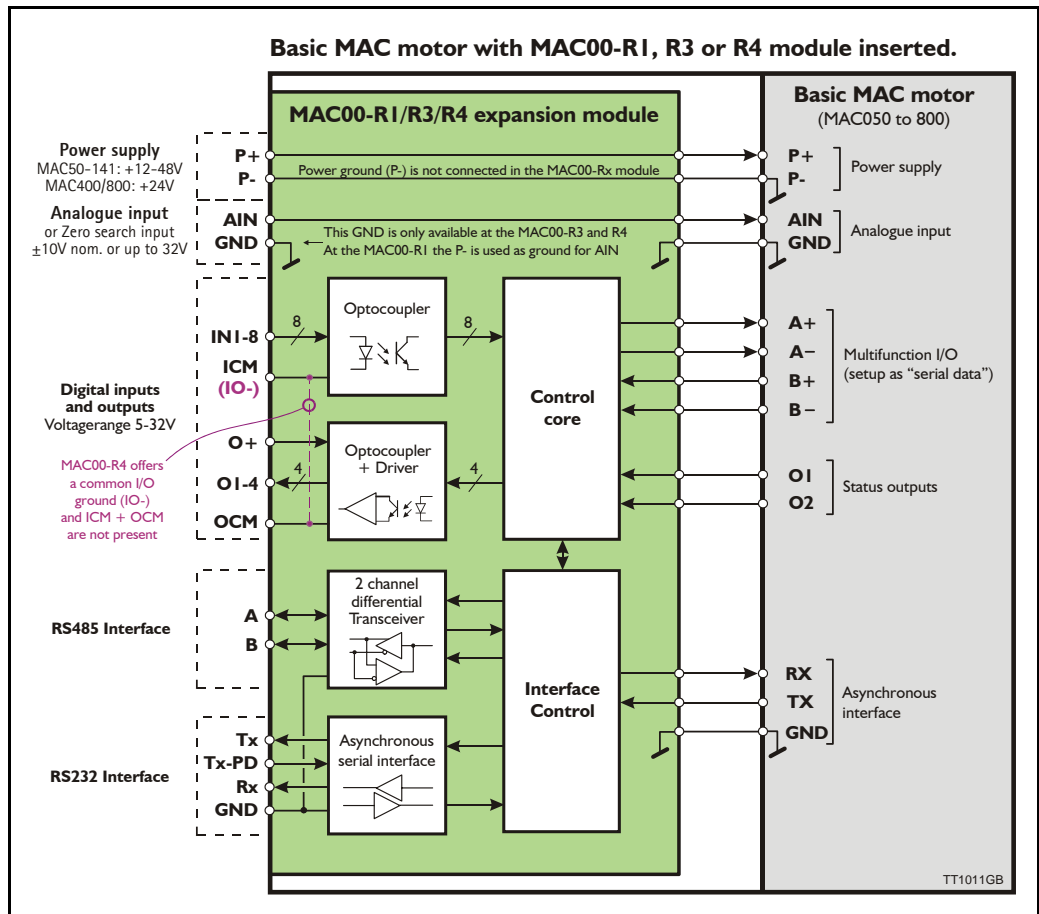
4.9.10.26 Jump according to a comparison

Icon:	
Dialogue:	
Function:	<p>Compares two registers to each other, before either jumping to another line in the program, or moving on to the next line in the program. If the condition is met, the command jumps to the specified program line. If the condition is not met, the program proceeds to execute the next line in the program.</p> <p>Any two registers can be compared to each other, but the command does not do anything beyond comparing the register numerical values, as measured in native motor units. To ensure comparisons are meaningful, it is preferable to compare registers that hold the same type of information, in the same binary format.</p> <p>In the example above, two position registers are compared. Both hold position information, both measure position in encoder counts. Such a comparison will always yield meaningful, predictable results. For other types of registers, consult section 5.6.</p>

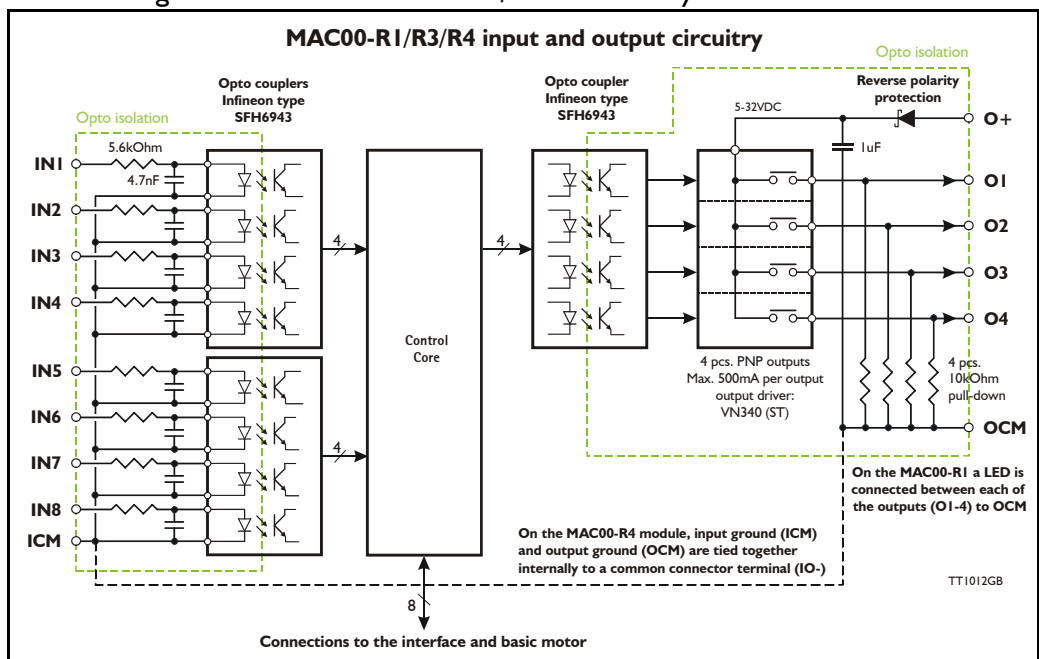
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.11 General hardware aspects

All internal and external main connections are shown in the illustration below.



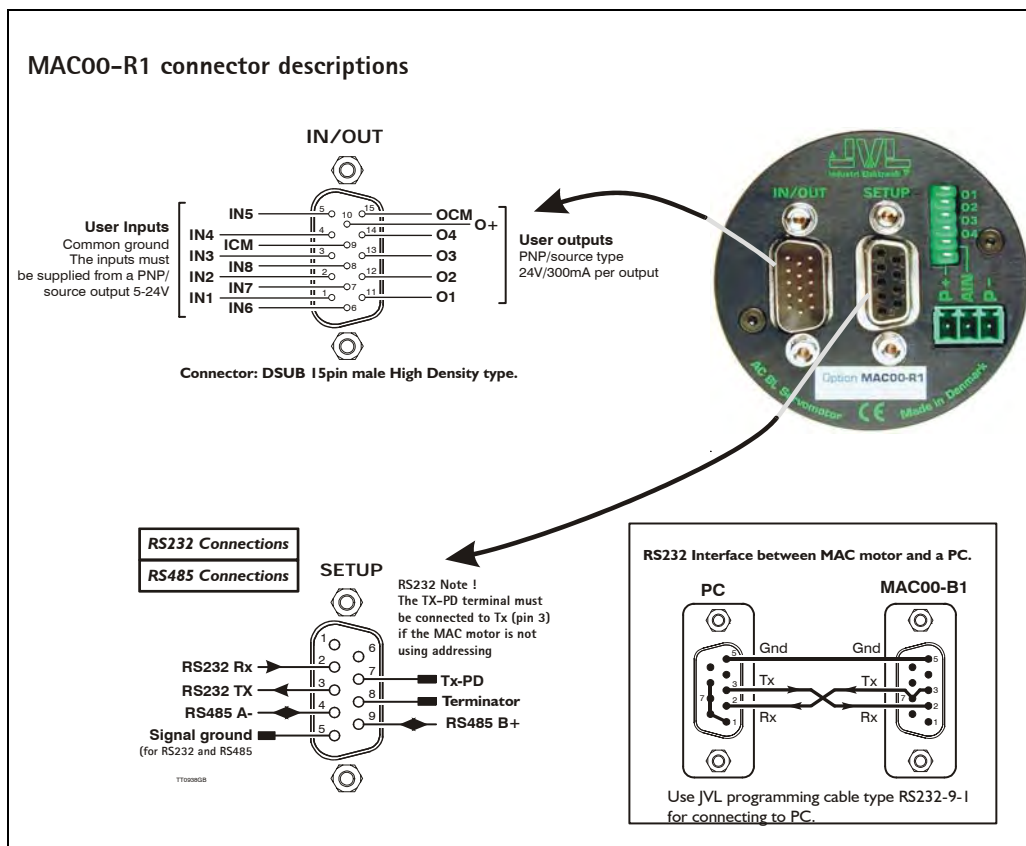
The following illustration shows how the I/O are internally connected.



4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.12 Expansion MAC00-R1 hardware description

The illustration below shows the I/O connections on the MAC00-R1 expansion module.



All inputs have a common ground ICM and all the outputs uses OCM as ground. O+ is the supply terminal for the output circuitry and must be supplied with a voltage from 6-32VDC. The outputs are short-circuit protected.

The input and output circuitry are optically isolated from each other and also from the other parts of the MAC00-R1 or R3.

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.13 Expansion MAC00-R3 hardware description

The illustration below shows the I/O connections on the MAC00-R3 expansion module.



The MAC00-R3 expansion module is an industrial interface that mates with the standard MAC motor and offers a number of feature enhancements including:

- Protection IP67 if mounted on basic MAC motor (IP67 type: MAC050-141).
- Direct cable connection through sealed compression cable glands.
- Addition of a Zero switch input for locating a mechanical zero point of the actuator when used in position related modes.
- Miniature connectors (internal) for all signal lines including RS232/485 interface and zero search switch. Molex 3.96mm connector for power supply.
- Full RS232 protocol support
Note: The basic MAC motor is only equipped with a low-voltage serial interface that requires the use of the RS232-9-1-MAC option cable, which has integrated electronics to boost the voltage levels.
- Full RS485 protocol support for multipoint communication up to 100m.
- Sourcing (PNP) outputs for status signals O1 and O2 instead of sinking (NPN).

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.14 MAC00-R3 option with cables

The MAC00-R3 type number only covers the basic module without any cables. If a number is added after the basic type number, for example MAC00-R3-I0, this suffix indicates that the module is fitted with 2x10m of cable. 1 cable comprises the power supply and analogue input. The other cable covers all the signal lines, i.e. RS232, RS485, status outputs and multifunction I/O.

Power cable - Cable 1 - JVL type no. WG0302 (2m) or WG0320 (20m)

Power Supply		
Signal name	Description	Wire colour
P+	Positive supply terminal +12 to 48VDC	Red
P-	Negative supply terminal (ground)	Black (or white)
Screen	Screen to minimize noise	Screen (connected internally to P-)

Signal cable - Cable 2- JVL type no. WG0420 (20m).

Digital Inputs - Internal connector J2		
Signal name	Description	Wire colour
IN1	Digital input 1	Red/black
IN2	Digital input 2	Green/black
IN3	Digital input 3	Violet
IN4	Digital input 4	Violet/white
IN5	Digital input 5	Grey
IN6	Digital input 6	Grey/black
IN7	(Reserved)	Pink/black
IN8	(Reserved)	Black/white
ICM	Input ground. This ground is used for IN1 to IN8	Light green **
NC	Reserved for future features - Do not connect this wire.	White
Digital Outputs - including analogue input - Internal connector J4		
Signal name	Description	Wire colour
O+	Supply for outputs - Must be connected to an ext. supply.	Red/white
OCM	Output ground. This ground is used together with O1-O4	Green/white
O1	Digital output 1 - PNP output	Yellow/black
O2	Digital output 2 - PNP output	Blue/white
O3	Digital output 3 - PNP output	Orange/white
O4	Digital output 4 - PNP output	Brown/white
AIN	Analogue input +/-10V (also used for zero search sensor).	Pink
GND	I/O ground. This ground is shared with the input ground	Black
Interface - Internal connector J1		
Signal name	Description	Wire colour
TXPD	Transmit pull-down - connect with TX if addressing is not used	Red
TX	RS232 Transmit - If not used, do NOT connect ! Remember to connect with TXPD if addressing is not used	Green **
RX	RS232 Receive - If not used, do NOT connect !	Yellow
GND	Ground for RS232 and RS485	Blue
RS485 B+	RS485 - If not used, do NOT connect !	Orange
RS485 A-	RS485 - If not used, do NOT connect !	Brown
Cable Screen		
The cable-screen is internally connected to motor housing. Externally it must be connected to earth.		
Unused wire		
Orange/Black - is not used internally. It must be left unconnected.		

** : The light green wire (ICM) can be difficult to distinguish from the green wire (TX) on some cables.

Important: Please note that the cables are a standard type. They are not recommended for use in cable chains or where the cable is repeatedly bent. If this is required, use a special robot cable (2D or 3D cable).

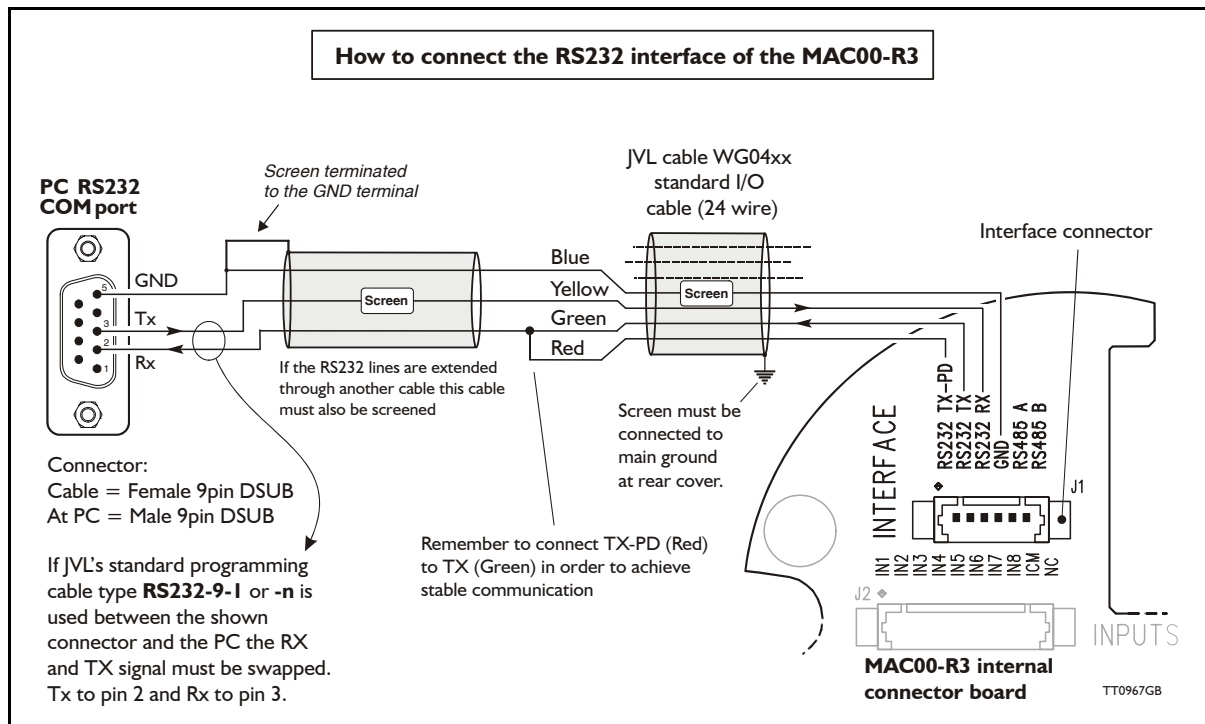
4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.15 Connecting the RS232 interface of the MAC00-R3 module

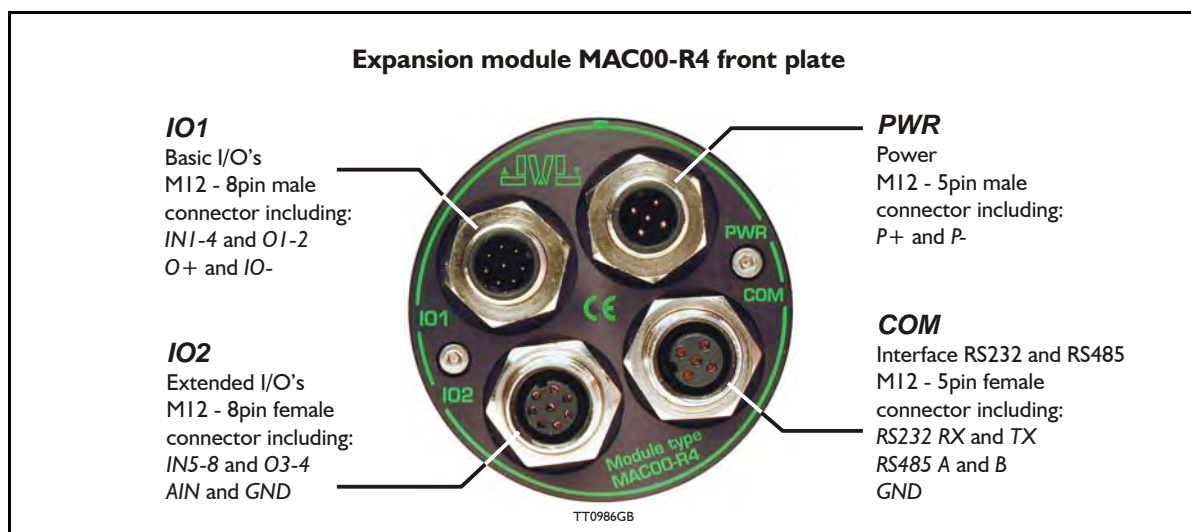
The illustration below shows how to connect the MAC00-R3 directly to a PC COM port. The drawing is based on standard cables from JVL, types WG0402, WG0410 or WG0420. See also *Accessories*, page 289 for a complete list of cables and connectors. Please remember to connect the TX and TX-PD wires from the MAC00-R3 together to achieve stable operation.

If the MAC motor is connected to the same RS232 line as other motors, the terminal TX-PD should only be connected on one of the motors.

If one of JVL's standard RS232 cables (RS232-9-I or -n) is used between the DSUB connector shown and the PC com port, the RX and TX pins must be swapped since they cross in these standard cables.



4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4



4.9.16 Expansion MAC00-R4 hardware description

The MAC00-R4 offers IP67 on MAC050-141 protection and M12 connectors which make it ideal for automation applications where no additional protection is desired. The M12 connectors offer solid mechanical protection and are easy to unplug compared to the R3 module which has cable glands. All the available signals are the same as used in the other R modules except for TX-PD which is converted into an internal dip-switch. The connector layout:

“PWR” - Power input. M12 - 5-pin male connector				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable W1000M12 F5A05N	Isolation group
P+	Main supply +12-48VDC. Connect with pin 2 *	1	Brown	1
P+	Main supply +12-48VDC. Connect with pin 1 *	2	White	1
P-	Main supply ground. Connect with pin 5 *	3	Blue	1
Unused	Future option	4	Black	-
P-	Main supply ground. Connect with pin 3 *	5	Grey	1
* Note: P+ and P- is each available at 2 terminals. Make sure that both terminals are connected in order to split the supply current between 2 terminals and thereby avoid an overload of the connector.				
“COM” - Interface RS232 and RS485. M12 - 5-pin female connector				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable W1000M12 M5A05N	Isolation group
RS232 Rx	RS232 interface receive terminal. Leave open if unused	1	Brown	1
RS232 Tx	RS232 interface transmit terminal. Leave open if unused. - Important, see note1:	2	White	1
RS485 A-	RS485 interface terminal. Leave open if unused	3	Blue	1
RS485 B+	RS485 interface terminal. Leave open if unused	4	Black	1
GND	Interface ground (same as main ground).	5	Grey	1

Note 1: See also *Dip switch for RS232 TxPD (Transmit pull-down)*, page 247

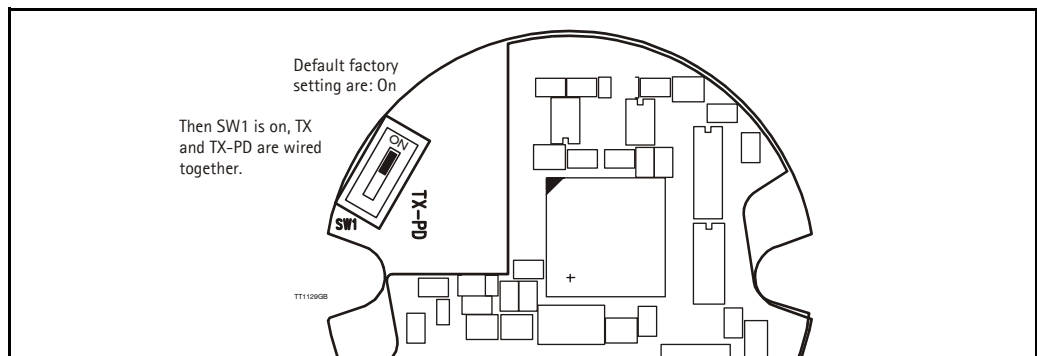
(Continued next page)

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

(Continued from previous page)

"IO1" - Basic I/O's. M12 - 8-pin male connector.				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable WI1000-M12 F8A05N	Isolation group
IN1	Digital input 1	1	White	2
IN2	Digital input 2	2	Brown	2
IN3	Digital input 3	3	Green	2
IN4	Digital input 4	4	Yellow	2
O1	Digital output 1 - PNP output	5	Grey	2
O2	Digital output 2 - PNP output	6	Pink	2
O+	Output supply +8-32VDC. Used for O1-4. Not used/necessary for using IN1-8	7	Blue	2
IO-	I/O ground. Used for IN1-8 and O1-4.	8	Red	2
"IO2" - Extended I/Os. M12 - 8-pin female connector.				
Signal name	Description	Pin no.	JVL Cable WI1000-M12 M8A05N	Isolation group
IN5	Digital input 5	1	White	2
IN6	Digital input 6	2	Brown	2
IN7	Digital input 7	3	Green	2
IN8	Digital input 8	4	Yellow	2
O3	Digital output 3 - PNP output	5	Grey	2
O4	Digital output 4 - PNP output	6	Pink	2
AIN	Analogue input +/-10V (also used for zero search sensor).	7	Blue	1
GND	Ground for AIN. This ground is shared with the main ground	8	Red	1
Cable Screen Some standard cables with M12 connectors offer a screen around the cable. This screen on some cables is fitted to the outer metal at the M12 connector. When fitted to the MAC00-R4 module, this means that the screen will have contact with the complete motor housing and thereby also the power ground (main ground).				
Isolation groups The MAC00-R4 offers optical isolation at the digital inputs and outputs (IN1-8 and O1-4). The table above shows a number for each pin. This number refers to the isolation group to which the terminal is connected. Isolation group 1 means that the terminal refers to the main ground. Isolation group 2 means that the terminal refers to the I/O ground (IO-).				

4.9.17 Dip switch for RS232 TxPD (Transmit pull-down)





If the MAC motor is connected to the same RS232 line as other motors, the terminal TX-PD should only be connected on one of the motors.

4.9 Expansion Module MAC00-R1/R3/R4

4.9.18 Cables for the MAC00-R4

The following cables equipped with M12 connector can be supplied by JVL.

MAC00-R4 Connectors				Description	JVL Order no.	Photo
“IO1” 8-pin Male	“IO2” 8-pin Female	“COM” 5-pin Female	“PWR” 5-pin Male			
		X		RS232 Interface cable. Connects directly from MAC00-R4 to PC Length: 5m (197 inch)	RS232-M12-1-5-5	
			X	Cable (Ø5.5mm) with M12 female 5 pin connector loose ends 0.35mm² (22AWG) and screen. Length: 5m (197 inch)	WI1000-M12F5T05N	
			X	Same as above but 20m (787 inch)	WI1000-M12F5T20N	
		X		Cable with M12 male 5-pin connector loose wire ends 0.35mm² (22AWG) and screen. Length: 5m (197 inch).	WI1000-M12M5T05N See also type: RS232-M12-1-5-5	
		X		Same as above but 20m (787 inch)	WI1000-M12M5T20N	
X				Cable with M12 female 8-pin connector loose wire ends 0.22mm² (24AWG) and screen. Length: 5m (197 inch)	WI1000-M12F8T05N	
X				Same as above but 20m (787 inch)	WI1000-M12F8T20N	
	X			Cable with M12 male 8-pin connector loose wire ends 0.22mm² (24AWG) and screen. Length: 5m (197 inch)	WI1000-M12M8T05N	
	X			Same as above but 20m (787 inch)	WI1000-M12M8T20N	
Protection caps. Optional if connector is not used, to protect from dust / liquids.						
	X	X		IP67 protection cap for M12 female connector.	WI1000-M12FCAP1	
X			X	IP67 protection cap for M12 male connector.	WI1000-M12MCAP1	

Important: Please note that the cables are a standard type. They are not recommended for use in cable chains or where the cable is repeatedly bent. If this is required, use a special robot cable (2D or 3D cable).

See also *Accessories*, page 289

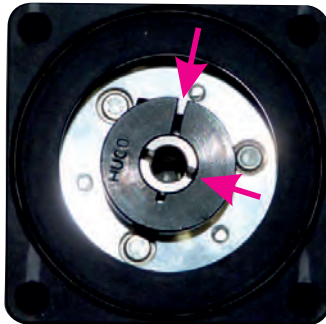
Mounting Instruction

How to mount a gear or a brake on a JVL motor

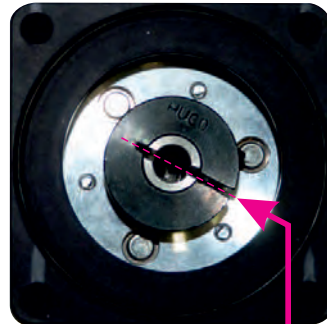
When a gear or a brake is to be mounted on the front end of a motor it is very important that this is done in the right way since a wrong way of mounting may have fatal influence at lifetime of the motor or gear/brake and performance.

Please follow this instruction step by step to make sure that the mounting is done with a good result.

- 1** Step 1 - Make sure that the shaft collar is oriented correctly in order to assure that the right tension around the motor shaft is possible.
Hint: Tighten the shaft collar gently just to keep it in the right position.

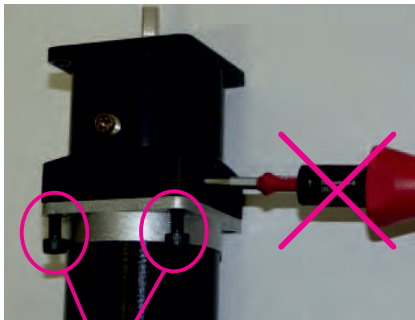


The inner and outer slit is NOT aligned. Make sure they are aligned as shown at right illustration



The inner and outer slit is aligned as they should.

- 2** Step 2 - Mount the gear or brake at the motor but make sure to fasten the 4 shaft bolt first before fastening the shaft collar.
Its recommended to use Loctite 278 in the threads to make sure that the bolts stay in place.



Do NOT tighten the shaft collar before the flange bolts are tightend

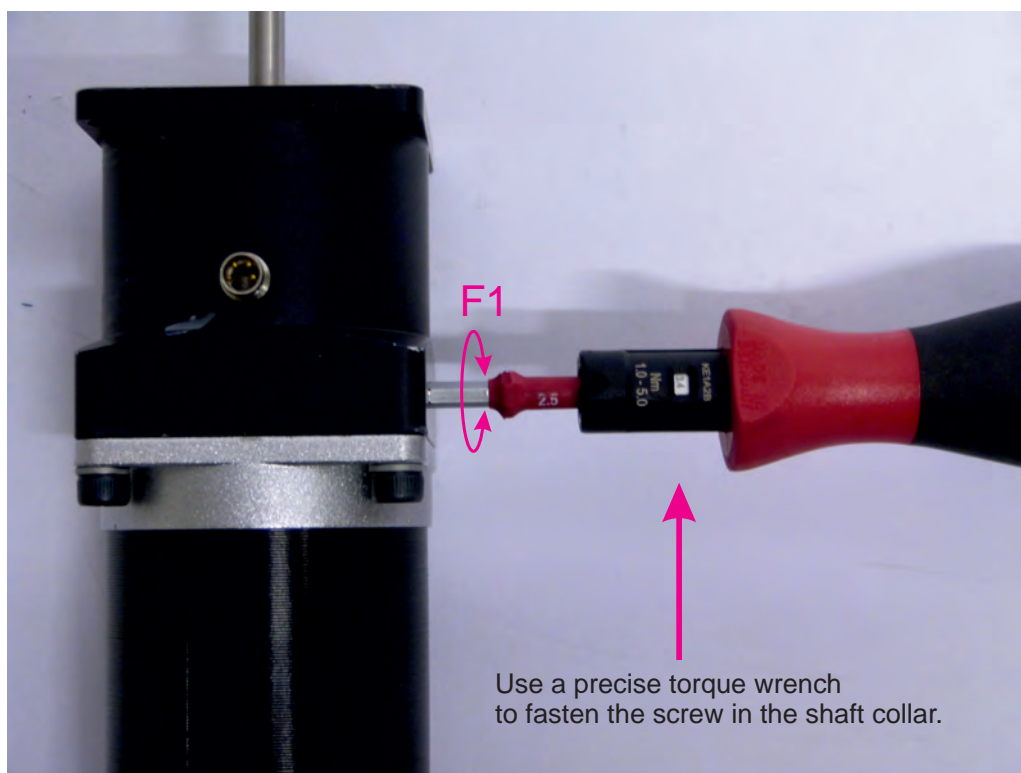


Flange bolts properly mounted and tightend.

3

Step 3 - Final stage. Fasten the shaft collar with a torque of according to the scheme below.

Please notice that it can be fatal not to use the specified torque since the shaft may slip over time and cause a position offset.



Gears (Product type to be mounted)

Gear series	Used with motor type	Torque (F1)
HTRG05	MAC050 to MAC141 (Ø6.35 shaft)	5Nm
HTRG05	MIS230-233 (Ø6.35 shaft)	5Nm
HTRG06	MAC050 to MAC141 (Ø6.35 shaft)	5Nm
HTRG06	MAC400-402 (Ø14 shaft)	11Nm
HTRG08	MIS340-341 (Ø9.53 shaft)	5Nm
HTRG08	MIS340-342 (Ø12 shaft)	8Nm
HTRG08	MAC800 (Ø19 shaft)	11Nm
HTRG10	MAC800 (Ø19 shaft)	11Nm

Brakes (Product type to be mounted)

Brake series	Used with motor type	Torque (F1)
MAB23x	MAC050 to MAC141 (Ø6.35 shaft)	3Nm
MAB23x	MIS230-233 (Ø6.35 shaft)	3Nm
MAB34x	MIS340-341 (Ø9.53 shaft)	5Nm

M12 Connection Cables for MAC motor Expansion Modules and the QuickStep motors



In order to ease installation of the MAC and QuickStep motors with M12 connectors, JVL has developed a series of ready-made cables and adaptors etc.

In the table on the following center spread we have listed all items available and indicated which cables that should be used with which expansion module.

In the last columns cables for the QuickStep motors are given.

All the cables and other items for easy installation can normally be delivered from stock.

Special lengths of cables can be made to order.









It is recommended to use the protection caps for expansion module sockets not in use.

All the M12 connectors fulfil IP67 requirements.

If desired you can make most

of your own flexible or robot cables by means of the 5- and 8-pin male and female connectors.

M12 connector overview for MAC motor expansion modules MAC00-X4 and QuickStep motors.

M12 connector overview for MAC motor expansion modules MAC00-X4 and QuickStep motors.			Shield connected to connector housing																																		
				Pulse/direction, RS232, RS485, USB ±10V				Stand alone operation with sequential programming				Profibus				CANbus/CANopen DeviceNet				High Speed RS485 multiaxis				High Speed RS485 multiaxis for IEC61131 SoftNC				Bluetooth and WLAN Wireless				QuickStep motor					
Expansion module type no.				B4				R4				FP4				FC4 and FD4				FS4				FR4				FB4 and EW4				MIS23xA1MzN075					
Cable order no.	Connectors		IO (M8)	COM1 (F8)	COM2 (F5)	PWR (M5)	IO1 (M8)	IO2 (F8)	COM (F5)	PWR (M5)	BUS1 (M5)	BUS2 (F5)	IO (F8)	PWR (M5)	BUS1 (M5)	BUS2 (F5)	IO (F8)	PWR (M5)	IO1 (M8)	IO2 (F8)	COM (F5)	PWR (M5)	BUS1 (F8)	BUS2 (F8)	IO (M8)	PWR (M5)	I/O (F8)	IO2 F8	PWR (M5)	CAN (M5)	RS485 (F5)	IO5-8 (F8)	IO1-4 RS485 (F8)	PWR (M5)			
Cable Description																																					
WI1000-M12F5V05N	M12, 5 pin female Cable 5m, Power	Angled 90° (note 4)	Shielded Cables (PVC)	x			x ⁽²⁾			x ⁽²⁾				x ⁽²⁾	x ⁽¹⁾			x ⁽²⁾				x ⁽²⁾				x ⁽²⁾			x ⁽²⁾			x ⁽¹⁾				x ⁽²⁾	
WI1000-M12F5V20N	M12, 5 pin female Cable 20m, Power			x			x ⁽²⁾			x ⁽²⁾					x ⁽²⁾	x ⁽¹⁾			x ⁽²⁾				x ⁽²⁾				x ⁽²⁾			x ⁽²⁾			x ⁽¹⁾				x ⁽²⁾
WI1000-M12F8V05N	M12, 8 pin female Cable 5m, Basic I/O			x	x				x											x							x		x								
WI1000-M12F8V20N	M12, 8 pin female Cable 20m, Basic I/O			x	x				x											x							x		x								
WI1000-M12M5V05N	M12, 5 pin male Cable 5m, Communication			x			x ⁽¹⁾				x ⁽¹⁾								x ⁽¹⁾					x ⁽¹⁾									x ⁽¹⁾				
WI1000-M12M5V20N	M12, 5 pin male Cable 20m, Communication			x			x ⁽¹⁾				x ⁽¹⁾								x ⁽¹⁾					x ⁽¹⁾									x ⁽¹⁾				
WI1000-M12M8V05N	M12, 8 pin male Cable 5m, Extended I/O			x		x ⁽¹⁾				x					x				x			x			x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾				x				x	x ⁽¹⁾		
WI1000-M12M8V20N	M12, 8 pin male Cable 20m, Extended I/O			x		x ⁽¹⁾				x					x				x			x			x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾				x				x	x ⁽¹⁾		
WI1000-M12F5T05N	M12, 5 pin female Cable 5m, Power	Straight 180°	Shielded Cables (PVC)	x			x			x				x	x ⁽¹⁾			x				x				x			x		x	x ⁽¹⁾				x	
WI1000-M12F5T20N	M12, 5 pin female Cable 20m, Power			x			x			x					x	x ⁽¹⁾			x				x				x			x		x	x ⁽¹⁾				x
WI1000-M12F8T05N	M12, 8 pin female Cable 5m, Basic I/O			x	x				x											x							x		x								
WI1000-M12F8T20N	M12, 8 pin female Cable 20m, Basic I/O			x	x				x											x							x		x								
WI1000-M12M5T05N	M12, 5 pin male Cable 5m, Communication			x			x ⁽¹⁾				x ⁽¹⁾								x ⁽¹⁾					x ⁽¹⁾										x ⁽¹⁾			
WI1000-M12M5T20N	M12, 5 pin male Cable 20m, Communication			x			x ⁽¹⁾				x ⁽¹⁾								x ⁽¹⁾					x ⁽¹⁾										x ⁽¹⁾			
WI1000-M12M8T05N	M12, 8 pin male Cable 5m, Extended I/O			x		x ⁽¹⁾				x					x				x			x			x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾				x				x	x ⁽¹⁾		
WI1000-M12M8T20N	M12, 8 pin male Cable 20m, Extended I/O			x		x ⁽¹⁾				x					x				x			x			x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾				x				x	x ⁽¹⁾		
WI1008-M12F5SS1	M12 5 pin female 0', solder terminal	Connectors				x				x				x	x			x				x				x			x		x					x	
WI1008-M12F8SS1	M12 8 pin female 0', solder terminal			x				x											x							x		x									
WI1008-M12M5SS1	M12 5 pin male 0', solder terminal					x				x								x				x										x					
WI1008-M12M8SS1	M12 8 pin male 0', solder terminal				x				x									x			x			x	x				x				x	x			
WI1008-M12F5TG1	M12 female 5 pin springcon for Ø4-8 cable	Shielded				x				x				x	x			x				x				x			x		x					x	
WI1008-M12F8TC1	M12 female 8 pin, screw, for Ø4-8 cable		x	x				x											x							x		x									
WI1008-M12M5TG1	M12 male 5 pin springcon for Ø4-8 cable		x			x				x								x				x											x				
WI1008-M12M8TC1	M12 male 8 pin, screw, for Ø4-8 cable		x		x				x									x			x			x	x				x				x	x			
WI1000-M12FCAP1	IP67 protection cap for M12 female	Various			x	x			x	x					x	x			x	x			x	x				x			x	x	x			x	
WI1000-M12MCAP1	IP67 protection cap for M12 male		x				x	x			x	x			x	x			x				x			x	x		x			x				x	
RS232-M12-1-5-5	RS232 M12 5 pin male for MAC00-R4.					x				x																											
RS232-M12-1-5-8	RS232 M12 8 pin male 5m for FC4,FD4,FP4,B4					x									x				x										x								
RS485-M12-1-5-8	RS485 M12 8 pin male 5m					x																															x
RS485-M12-1-5-5	RS485 M12 5 pin male 5m					x																											x				
WI1006-M12F5S05R	M12 cable, 5m, 5 pin female CANopen/DeviceNet	CANopen/DeviceNet	x												x																	x					
WI1006-M12F5S15R	M12 cable, 15m, 5 pin female CANopen/DeviceNet		x													x																x					
WI1006-M12M5S05R	M12 cable, 5m, 5 pin male CANopen/DeviceNet		x															x																			
WI1006-M12M5S15R	M12 cable, 15m, 5 pin male CANopen/DeviceNet		x															x																			
WI1008-M12M5STR4	M12 5 pin male terminating resistor CANopen/DeviceNet																x																				
WI1028-M12F5VG1	M12 connector profi 5 pin female, screw, B-coded	Profibus										x																									
WI1028-M12M5VG1	M12 connector profi 5 pin male, screw, B-coded													x																							
WI1026-M12F5S05R	M12 cable 5m, 5 p. female B coded profibus											x																									
WI1026-M12F5S15R	M12 cable 15m. 5 p. female B coded profibus											x																									
WI1026-M12M5S05R	M12 cable 5m. 5 pin male B coded profibus													x																							
WI1026-M12M5S15R	M12 cable 15m. 5 pin male B coded profibus														x																						
WI1028-M12M4STR3	M12 4 pin male B code terminating Resistor Profi													x																							

M5 = 5-pole male connector, F5 = 5-pole female connector. M8 = 8-pole male connector, F8 = 8-pole female connector. All standard cables use foil shield and are not twisted pair. It is not recommended for bending applications

Note 1: Standard cable can be used for RS485, CANopen and DeviceNet but only in low noise environments for point-to-point or small networks. We strongly recommend twisted pair and double shielded cable. Shield should be connected to connector housing.

Note 2: For very noisy environments it is recommended to use double shielded power cable and shielded connector.

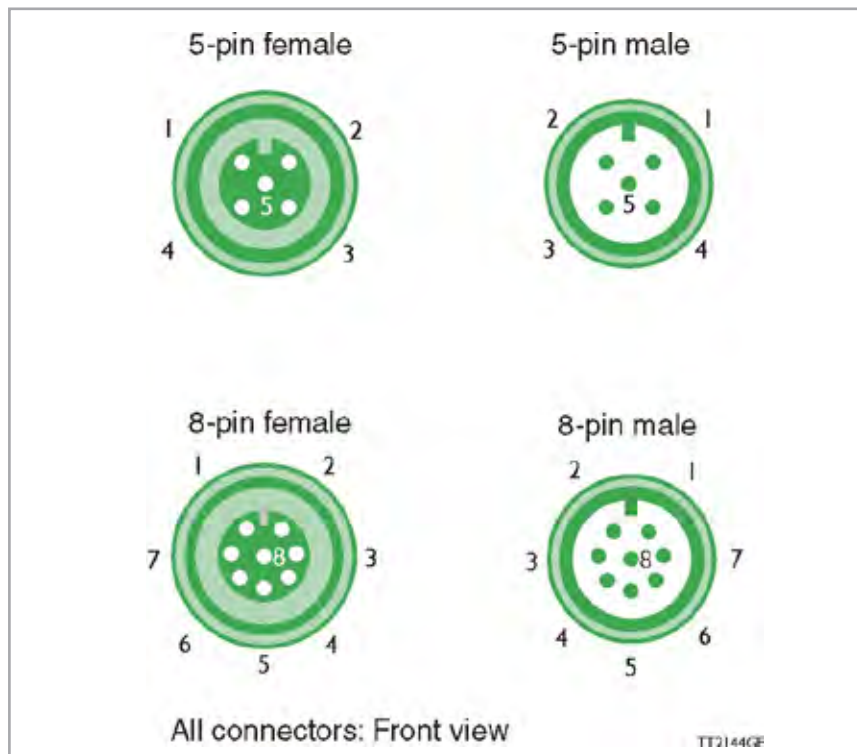
Note 3: Only for orders > 50 pcs.

Note 4: Can also be delivered without shield connected to connector housing. Order A-type. eg. WI1000-M12F8A20N

See also user manual for each module type for detailed cable information.



M12 connectors



Color code for standard cables

5-pole connector

Pin no.	Color
1	Brown
2	White
3	Blue
4	Black
5	Grey

8-pole connector

Pin no.	Color
1	White
2	Brown
3	Green
4	Yellow
5	Grey
6	Pink
7	Blue
8	Red

Color code for DeviceNet cables

Pin no.	Description	Color
1	Drain	Colorless
2	V+	Red
3	V-/CAN_GND	Black
4	CAN_H	White
5	CAN_L	Blue




Color code for CANopen cables

Pin no.	Description	Color
3	CAN_GND	Black
4	CAN_H	White
5	CAN_L	Blue

Color code for ProfiBus cables

Pin no.	Description	Color
1		
2	A	Green
3		
4	B	Red
5	Shield	Shield

Recommended cable for making your own cables:

4-lead RS485 cable with double shield. Order no.: WH0039-N2x2x0.3+2xSC	
2-lead CANopen cable. Order no.: WH0038-N2x0.75-CAN	
2-lead Profibus cable Order no.: WH0040-2Nx0.34-PROFI	



JVL Industri Elektronik A/S
 Blokken 42
 DK-3460 Birkerød, Denmark
 Tel: +45 4582 4440
 Fax: +45 4582 5550
 E-mail: jvl@jvl.dk www.jvl.dk

